TIO
STRIE MI

EDITEURS: P. R. MAINWARING, J. A. P[illegible]OWSKI

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET
Canada Centre for Mineral and Energy Technology
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

85-3417/

Programme de recherche sur les minéraux
Bureau de transfert de la technologie
Rapport MRP/OTT 84-5F(TR)

"LA ROBOTIQUE ET L'AUTOMATISATION DANS L'INDUSTRIE MINÉRALE"

Compte rendu d'un séminaire
tenu dans la salle Camsell,
588, rue Booth, Ottawa

Le 1er novembre 1983

Rédacteurs:

M. Paul R. Mainwaring
Section de la minéralogie
Laboratoire des sciences minérales

et

M. J. André Potworowski
Directeur
Bureau du transfert de la technologie

CANMET
Énergie, Mines and Ressources
Ottawa

MICROMEDIA

AVANT-PROPOS

Le présent document est un compte rendu intégral du colloque qui a eu lieu à l'automne 1983 et qui avait pour objet l'utilisation de la robotique dans l'industrie minière.

La programmation de ce colloque était en quelque sorte différente de la programmation habituelle des ateliers de travail tenus par CANMET mais elle exprimait notre volonté d'appuyer les efforts de l'industrie quant à l'augmentation de la productivité par le biais de la nouvelle technologie. La robotique a fait une percée remarquable dans le secteur de la fabrication. Bien qu'il ne désire pas collaborer directement au développement de la robotique, le CANMET souhaite ardemment que l'industrie canadienne des mines puisse utiliser la robotique pour solutionner les problèmes qui lui sont propres. Par conséquent le CANMET a entrepris certains projets de développement qui ont fait l'objet de discussions lors du colloque. La publication du compte rendu de ces discussions m'apporte une grande satisfaction, car elle symbolise les efforts qui sont faits en vue de rapprocher davantage les scientifiques oeuvrant au gouvernement et dans l'industrie. Je voudrais surtout remercier Messieurs Paul Mainwaring et André Potworowski de l'effort et de l'imagination dont ils ont fait preuve pour la réalisation de ce projet.

W.G. Jeffery
Le directuer-général,
CANMET

PREFACE

This publication is the full account of a seminar held in the fall of 1983 on the relatively new subject of Robotics and the Mining industry.

The format of this seminar has been somewhat of a departure from the standard workshop normally held by CANMET, but is fully in keeping with our mission of complementing industry's efforts to improve productivity through the injection of new technology. Robotics has made some remarkable breakthroughs in the manufacturing sector. While CANMET does not intend to get involved in robotics development per se, it is keenly interested in seeing that the Canadian mineral industry does not lose any opportunity to apply robotics technology to its special problems. In keeping with such a policy, CANMET has contracted selected development projects that were discussed in the seminar. I welcome the publication of these proceedings as yet another effort to bring government and industry scientists together. I only wish to thank the organizers and editors of these proceedings, Drs. Paul Mainwaring and André Potworowski, for their efforts and creativity in seeing this project to completion.

W.G. Jeffery
Director-General
CANMET

Table des matières

Page

AVANT-PROPOS/PREFACE

1. **INTRODUCTION** 1

2. **LE SÉMINAIRE EN BREF** 3

3. **DISCOURS D'OUVERTURE** 23
M. Kenneth Whitham, sous-ministre adjoint, Secteur de la recherche et de la technologie, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources

4. **APERÇU DE LA ROBOTIQUE DANS LE SECTEUR MANUFACTURIER** ...29
M. Vince Valeri, Westinghouse/Unimation, Pittsburgh, États-Unis

5. **LA TECHNOLOGIE DE POINTE APPLIQUÉE À L'ABATTAGE SOUTERRAIN EN ROCHE DURE** 45
M. Jay Pathak, Laboratoires de recherche minière, CANMET

6. **LA ROBOTIQUE: SOURCE D'AVENIR POUR LA MINE** 59
MM. Henk Van Deudekom et Innes P. Grantmyre, Vadeko International, Mississauga (Ontario)

7. **LE CANMET, AU PASSÉ ET AU FUTUR** 71
M. David Gladwin, directeur adjoint, programme de recherche, Bureau du programme de recherche, CANMET

8. **CONTRÔLE DU PILOTAGE INFORMATISÉ DE L'USINE MINÉRALURGIQUE PAR LE SYSTÈME D'ANALYSE D'IMAGE** 81
M. W. Petruk, Laboratoires des sciences minérales, CANMET

9. **LE BESOIN D'UNE TECHNOLOGIE NOUVELLE** 85
M. V.J. Jutronich, directeur, Projet Uranium, Denison Mines

10. **ROBOTIQUE ET AUTOMATISATION EN MÉTALLURGIE PHYSIQUE** 87
M. W.N. Roberts, Laboratoires de recherche en métallurgie physique, CANMET

11. **ROBOTISATION DES BARRES ET DES MARTEAUX DANS UNE FONDERIE DE CUIVRE** 93
M. D. Saville, superviseur des travaux de génie, Broyage, fusion et affinage, Division de l'Ontario, INCO

12. **PÉRIODE DE QUESTIONS** 99

13. **ALLOCUTION DE CLÔTURE** 115
M. W.G. Jeffery, directeur général de CANMET

14. **APPENDICE - Liste des participants** 120

INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

1.1 Quel est l'intérêt d'un tel séminaire sur la robotique?

L'idée de tenir un séminaire sur la robotique est venue à l'un des rédacteurs du présent compte rendu alors qu'il se trouvait à l'exposition annuelle de la robotique tenue en avril 1983, à Chicago. Cette année-là, la fabrication et la vente de robots commerciaux représentaient en Amérique du Nord une industrie de 200 millions de dollars. Les chercheurs du CANMET étaient d'avis que cette industrie technologique de pointe en rapide essor méritait d'être mieux connue. À l'origine, l'idée était d'étudier l'état de la technique au moyen d'un atelier maison. Très rapidement toutefois, elle a débordé. Il est devenu évident que l'accroissement de la productivité que permet cette nouvelle technologie intéressait vivement l'industrie minière et l'industrie de transformation. Pour reprendre les paroles de M. Whitham, "ce séminaire est le résultat d'un processus qui a fait boule de neige". Il a été décidé de tenir un séminaire d'envergure nationale, à Ottawa.

Le CANMET ne s'est pas croisé les bras. Certains contrats dont a parlé David Gladwin dans ses observations ont été passés. Il est couramment admis que CANMET a un rôle réel à jouer dans le secteur du matériel minier mais on reconnaît toutefois que ce rôle n'est pas de concevoir de nouvelles machines. Ce domaine est habituellement laissé au secteur privé, qui s'y connaît mieux.

1.2 Le séminaire d'Ottawa

À noter que ce séminaire ne s'est jamais voulu une étude complète de toutes les questions techniques, économiques et sociales que laisse prévoir l'application de la robotique dans l'industrie minérale. Il a été mis sur pied afin de stimuler un éveil des chercheurs du CANMET et des membres du secteur privé au sujet d'une technologie en plein essor et de favoriser les échanges. D'après certains,

la robotique et l'automatisation auront un effet aussi profond sur notre économie que la révolution industrielle durant le siècle dernier. Il est fort possible que l'application de ces systèmes puisse être la prochaine étape d'amélioration de la productivité. S'ils en jugent d'après la chaleur des échanges des panélistes pendant la séance et après, les rédacteurs sont convaincus qu'ils ont atteint leur objectif.

Voici donc un bref aperçu des principales questions étudiées à ce séminaire, suivi d'une transcription légèrement retouchée de tous les documents présentés et des délibérations qui ont suivi.

2. APERÇU

2.1 Apprendre du vécu du secteur manufacturier

M. Vince Valeri, de la Westinghouse/Unimation de Pittsburgh, a passé en revue l'état de la robotique dans le secteur manufacturier et la façon dont on aborde actuellement son application. Il espère que, dans les efforts qu'elle déploie pour automatiser ses usines de l'avenir, l'industrie minérale tiendra compte des succès et des échecs qu'a vécus le secteur manufacturier. Le rôle précis de M. Valeri dans l'industrie est de trouver des utilisations à la technologie qui est maintenant disponible. En ses propres termes,

> "la robotique industrielle, que je définis comme l'incorporation de robots industriels au milieu de la fabrication, est l'un des volets de cette technologie courante".

Diverses définitions des robots et de l'automatisation ont été utilisées durant le séminaire. La définition la plus stricte est celle que propose le Robotics Institute of America:

> "le robot est un manipulateur multifonctionnel reprogrammable conçu pour déplacer du matériel, des pièces, des outils ou des appareils spécialisés au moyen de divers mouvements programmables pour l'exécution de toute une variété de tâches".

Reprenant la définition du Robotics Institute, M. Valeri souligne que l'élément le plus important d'un robot

> "... c'est qu'il est reprogrammable, c'est-à-dire qu'il est commandé par un ordinateur et qu'il est possible de lui faire exécuter des mouvements différents en modifiant le programme de l'ordinateur".

Pour M. Valeri, le robot est autre chose qu'un simple organe d'exécution d'opérations. Il fait en réalité partie de ce qu'il appelle une cellule de fabrication qui est constituée de quatre éléments fondamentaux: le manipulateur ou le bras monté sur la base; l'ordinateur qui fait techniquement partie du robot; et le matériel périphérique ou auxiliaire, par exemple, les tables de positionnement des pièces à souder; et dernier élément, l'homme:

> "l'homme, car l'homme est essentiel au développement de tout système robotique et c'est lui aussi qui veille à son efficacité. C'est l'homme qui conçoit le système et qui contrôle son fonctionnement, c'est l'homme qui enseigne au robot quels gestes exécuter au moyen d'un tuteur télécommandé et c'est l'homme qui programme l'ordinateur qui pilote le robot."

Parlant des utilisations de la robotique, M. Valeri insiste sur le <u>système</u> robotique dans son ensemble plutôt que sur le robot proprement dit. Le système est un procédé ou une opération de fabrication faisant appel à un robot industriel.

> "Bien qu'il soit possible d'acheter un robot de série, il est impossible d'acheter la solution toute faite d'un problème. L'élément probablement le plus important dans l'implantation d'un robot industriel est la technologie d'application. On croit, à tort, que les robots peuvent faire "n'importe quoi"; au contraire, ils sont de capacité extrêmement limitée et ne peuvent exécuter que certaines opérations déterminées par leur conception initiale. C'est donc à l'ingénieur de l'application qu'il incombe de trouver un lieu propice au robot approprié et de mettre ce dernier à l'oeuvre."

M. Valeri passe ensuite en revue la façon dont la robotique est actuellement appliquée dans le secteur de la fabrication. C'est au soudage par résistance que les robots trouvent l'utilisation la plus répandue.

> "Presque toutes les opérations de soudage par points de l'industrie de l'automobile sont maintenant faites par des robots. Ceux-ci non seulement permettent de réduire les frais de main-d'oeuvre mais ils sont aussi capables de souder plus précisément que l'homme uniquement aux endroits où il faut. Cette précision se traduit naturellement par une amélioration de la qualité du produit et par une réduction du gaspillage. Enfin, les robots peuvent être suspendus ou montés sur les murs, d'où économie d'espace qui permet de rationnaliser l'exploitation de l'espace disponible et d'optimaliser l'agencement des divers matériels."

Les robots sont aussi bien présents dans le domaine de la manutention, de la peinture par projection et du trempage dans les opérations de fonte et de moulage sous pression. La robotique a pour avantage, entre autres, qu'elle permet d'améliorer la productivité et la qualité, qu'elle fait baisser les coûts à long terme, qu'elle rend les personnes plus productives, qu'elle accroît l'efficience; en somme, à toutes fins utiles, elle se traduit par une rentabilité accrue.

Nous nous dirigeons vers l'automatisation d'usines au grand complet. Pour ce faire, il faut passer à un autre niveau de pilotage. Au premier niveau, le pilotage s'applique à des cellules de travail individuel. Il mène ensuite au pilotage de deuxième niveau, où le contrôle s'exerce sur diverses tâches intégrées, contrôle qui devient une banque d'information.

> "Au fil des ans, on a réussi à concevoir des systèmes de pilotage de ce type à commande numérique directe, c'est-à-dire qu'un seul ordinateur transmet à chacune des diverses machines, et aux ordinateurs qui les pilotent, les programmes contenant les instructions que ces machines doivent exécuter en harmonie pour fabriquer le produit."

Il s'agit ensuite d'incorporer au tout un ordinateur de gestion qui indiquerait au système à commande numérique directe quel produit il faut fabriquer un jour donné, de sorte que ce dernier puisse ajuster ses programmes et modifier le ravitaillement des matériaux en conséquence. L'ordinateur de gestion pourrait aussi établir quelle est la main-d'oeuvre disponible à un moment donné et comment les opérations doivent être modifiées en fonction de cette disponibilité. Une telle usine disposerait de matériels d'une souplesse telle qu'un ordinateur de gestion pourrait leur communiquer les instructions de la journée et qu'ils s'ajusteraient en conséquence pour répondre non seulement aux exigences en matière de coût mais aussi à celles de la clientèle.

2.2 Applications dans l'industrie des minéraux

Cette conception de la robotique telle qu'appliquée au secteur de la fabrication est comparée à l'application de cette technologie dans le secteur des mines et des minéraux. À l'issue de certaines études effectuées pour le compte du CANMET, David Gladwin a pu observer

> "... que cette application se fait par cheminement graduel, et qu'elle procède naturellement de la commande manuelle - là où il y a intervention humaine, facilitée peut-être par certaines machines de base."

L'existence de ces étapes est établie en décrivant l'évolution de diverses opérations minières, de la mécanisation initiale, soit l'utilisation de machines de base qui progressivement se compliquent et se perfectionnent et qui accroissent la capacité de travail de l'opérateur. Ce dernier doit cependant se trouver à proximité pour faire fonctionner le matériel. Reste à l'en éloigner, grâce aux commandes à distance.

> "Dans la mine, ce type de manipulation est représenté par les chaînes de godets télé-commandées, certaines machines de forage montant, et dans les usines de tranforma-tion, par la régulation centrale."

Ainsi, l'opérateur pourrait surveiller plus d'une machine. Encore une fois, il y a moyen ici d'améliorer la productivité. Cette amélioration est toujours fonction, toutefois, de l'aptitude de l'opérateur à observer et à piloter toutes les fonctions de la machine.

L'étape suivante de la robotisation met en jeu des systèmes d'analyse et de pilotage et la capacité de pouvoir relever automatiquement et de manière routinière les paramètres de fonctionnement du lieu de travail. Elle passera graduellement de la simple capacité d'observer ces paramètres à la capacité réelle d'y réagir.

> "Nous voilà plongés dans l'automatisation, soit dans le pilotage automatique des travaux alliant la capacité d'analyse à la capacité de faire fonctionner le matériel au moyen du pilotage et des commandes à distance, ce qui mène inévitablement à la robotique, ou à une certaine utilisation de matériel programmable ou peut-être piloté par ordinateur pour nous remplacer à l'ouvrage."

Le degré de robotisation et d'automatisation atteint par l'industrie varie énormément. Dans certains domaines,

on fait une très grande utilisation de la technologie; par contre, il en existe aussi où le travail se fait par commande manuelle.

N'empêche que certains segments de l'industrie comptent encore beaucoup sur le contrôle manuel des procédés.

> "Actuellement, ce que nous pourrions qualifier de robots - le niveau le plus élevé de l'automatisation - est très peu utilisé en exploitation minière. Je crois qu'il reste encore beaucoup de pain sur la planche et que c'est une entreprise de R et D à long terme."

M. Van Deudekom a repéré trois étapes méritant une automatisation plus poussée, en extraction minière: l'amélioration de la disponibilité du matériel, la prolongation de sa durée utile et le relèvement de la productivité.

Par exemple, il est possible d'accroître la disponibilité du matériel en observant, de manière sélective, les paramètres d'exploitation des machines de manière à mieux en prédire les besoins d'entretien et à endétecter à temps les défaillances. À cette fin, nous aurons besoin de capteurs, de microprocesseurs intégrés et d'organes périphériques ne faisant pas partie de la machine pour réunir, traiter et analyser régulièrement les données ainsi obtenues. L'adoption d'une telle technologie fera baisser les frais d'entretien et le coût des pièces de rechange et améliorera la disponibilité du matériel.

Il est possible de prolonger la durée utile du matériel en ajoutant aux capteurs et aux microprocesseurs des systèmes de commande qui leur permettent d'ignorer au besoin les commandes de l'opérateur de façon à ne pas dépasser les limites de conception des machines. L'opérateur devrait forcément respecter les capacités de la machinerie; on éviterait ainsi l'emploi de pratiques susceptibles d'endommager le matériel. Or, ces pratiques diminuent en fait tant la productivité individuelle que celle de la mine.

L'accroissement de la productivité découle d'une analyse beaucoup plus détaillée du mode d'utilisation du matériel et de la façon de réduire la main-d'oeuvre.

M. Van Deudekom poursuit en décrivant comment une petite entreprise, comme la sienne, voit la robotique dans le contexte de l'extraction et du traitement des minéraux et en faisant ressortir certains points associés à l'analyse des coûts et des avantages.

M. Roberts, des Laboratoires de recherche en métallurgie physique du CANMET, examine les domaines où les robots peuvent s'avérer utiles en métallurgie; entre autres, pour prendre et placer des objets dans les ateliers de moulage, pour permettre l'automatisation des aciéries, secteur dans lequel les Japonais sont particulièrement avancés, pour le soudage et la soudure par points et le contrôle non destructif des pièces métalliques. Un de ces appareils a été mis au point dans les laboratoires du CANMET. Il s'agit d'un diffractomètre à rayons X portatif que l'on peut utiliser sur le terrain pour mesurer les contraintes dans des structures métalliques.

> "Attachée à un bras manipulateur, la tête pourrait être positionnée beaucoup plus facilement lorsque les ouvrages ont une forme irrégulière."

2.3 Obstacles dans l'abattage souterrain, en roche dure

M. Pathak fait un bref exposé de certains problèmes qui devront être solutionnés avant qu'on ne poursuive l'application de la haute technologie et de la robotique dans l'abattage souterrain, en roche dure. Il souligne que, contrairement à l'extraction du charbon, l'abattage souterrain, en roche dure, se prête mal à l'automatisation.

> "... la définition du contour [du gisement]

> Saskatchewan, la variation du minerai était telle que chaque godet devait être mesuré au capteur pour déterminer s'il était exploitable ou digne du remblai."

Cette totale imprévisibilité rend toute automatisation extrêmement difficile à réaliser.

M. Pathak passe ensuite en revue certaines entraves à l'emploi des technologies nouvelles et met en évidence l'extrême rigueur du milieu souterrain d'extraction en roche dure. Les échecs répétés du matériel et des matériaux dictent aux ingénieurs et aux exploitants des mines pessimisme et prudence face à l'inconnu. Il admet néanmoins qu'il sera difficile de tenir ce milieu plus longtemps à l'écart des

> "assauts de cette vague technologique. On peut déjà en noter des manifestations, et les Canadiens seraient bien avisés de lui ouvrir tout grand la porte, avant qu'il ne soit trop tard."

Il décrit certaines améliorations technologiques qui pourraient être mises en place sous peu. La première est une poussée vers l'électrification des mines.

> "Celles-ci [les mines électrifiées] sont particulièrement avantageuses dans les climats froids, comme au Canada, où il est nécessaire autrement, non seulement d'importer les volumes d'air additionnel qu'exigent les moteurs diesel, mais aussi de chauffer cet air."

L'électricité est plus efficace, en termes d'énergie consommée et de frais d'entretien.

Une autre application de la haute technologie est le recours à la foreuse à marteau plongeur dans la méthode d'exploitation rabattante en puits vertical, d'origine canadienne.

> "Ce qu'il faut élaborer, c'est un appareillage qui conservera à la perforatrice son orientation et produira en direct des données sur l'azimuth et la déviation du trou de sonde".

Essentiellement, il surveillerait la direction du forage et arrêterait le marteau dès qu'il y aurait déviation. Un tel équipement ferait appel à des enregistreurs numériques compatibles avec les graphiques tridimensionnels. D'autres logiciels fourniraient au contremaître des travaux de tir des rapports qui lui donneraient tous les renseignements voulus pour poursuivre le tir et le forage.

> "À l'aide des microprocesseurs, il serait alors possible de mesurer divers paramètres de forage et d'optimaliser l'automatisation de la perforatrice, donnant la pénétration maximale permise tout en maintenant à un minimum l'usure du fleuret."

M. Pathak passe ensuite à la description d'un système d'abattage commandé à grande distance, qui pourrait éventuellement servir dans les gisements à forte teneur en uranium. Il s'agirait alors d'utiliser la technologie de forage de trous profonds pour exploiter la mine souterraine essentiellement sans exposition aux niveaux élevés de rayonnement qui y sont habituellement associés. Des chaînes de godets électriques télécommandées et des berlines sans conducteur pilotées à distance au moyen d'un serre-fil de trolley et des convoyeurs automatisés compléteraient le système. Une batterie de caméras et de projecteurs télécommandés contribuerait au pilotage et à la commande de ces appareils, à partir d'une cabine à l'épreuve desrayonnements. La seule faille, c'est le manque de concasseurs mobiles de dimensions voulues pour enlever rapidement du chantier le minerai abattu et les déchets.

Dernier point qui aura nettement une influence sur l'automatisation de la mine: le perfectionnement croissant des systèmes intégrés de gestion. Bien que ceux-ci ne

relèvent pas directement de la robotique, ils représentent tout de même une étape cruciale de la constante évolution vers l'automatisation complète. M. Pathak souligne l'importance des communications sous terre, dans les mines de roche dure et leur insuffisance actuelle, et il décrit les avantages réels d'un **indicateur de l'état de la mine (MSI).** Cet indicateur éviterait des pertes de temps aux chefs d'équipe qui doivent sans cesse rendre compte des paramètres d'exploitation de la mine. De telles données sont essentielles au déploiement quotidien des ressources.

Durant les échanges des panélistes, M. Jutronich, de la Denison Mines, fait remarquer que ce genre de renseignements est important pour la bonne marche de l'usine. Cependant,

> "Une grande partie des renseignements ne nous parvient qu'après un délai de deux semaines, de trois semaines et même d'un mois; il est alors trop tard pour prendre une quelconque mesure de correction. Ce que propose le docteur Pathak, c'est de mettre en oeuvre un système de contrôle qui puisse indiquer immédiatement à la fin d'un quart ce qui s'est produit exactement pendant ce quart, de sorte qu'il soit possible de prendre une mesure de correction au moment opportun."

Les gains de productivité qu'un tel système produirait seraient de taille.

M. Pathak décrit d'autres systèmes intégrés de gestion, entre autres des appareils d'analyse du milieu dotés de capteurs permettant de détecter le méthane et le monoxyde de carbone et de mesurer la température et la vitesse de l'air. Ces capteurs sont déjà au point et ils ont fait leurs preuves; d'autres sont en évaluation. D'autres moniteurs se chargent de l'aérage; ils peuvent faire épargner considérablement, en réduisant les besoins de renouvellement de l'air et les frais de chauffage.

La surveillance ou la commande sensorielle des variables est la première étape de toute tentative visant à construire des systèmes de pilotage automatique qui mettraient à profit l'information ainsi obtenue. M. Gladwin affirme

> "qu'il est possible aujourd'hui de contrôler la consommation de courant électrique en divers points de la mine, les débits d'air comprimé, le fonctionnement des pompes, etc. Tout aussi facilement qu'il nous est possible de contrôler ces facteurs, nous devrions être en mesure de les réguler, et il existe déjà des systèmes jouant ce rôle, que nous pourrions appeler systèmes robotiques rudimentaires".

De tels systèmes qui contrôlent, interagissent, comparent les conditions de service à des paramètres établis, et font de la régulation sont beaucoup mieux acceptés dans le milieu de l'exploitation que les systèmes de simple contrôle. À court terme, il faut perfectionner les capteurs requis, et le seul obstacle véritable à la mise en place de tels systèmes sera probablement leur coût très élevé. À titre d'exemple de société qui contribue dans ce domaine, citons la CONSPEC qui, d'après son représentant, étudie l'exploitation minière intégrée par ordinateur, c'est-à-dire qu'elle tente d'intégrer en un seul système global toutes les activités de l'exploitation minière, particulièrement celles qui se déroulent sous terre.

2.4 Applications minéralurgiques

La seule application actuelle de la robotique dans une usine de traitement des minéraux qui a été décrite au séminaire est le projet des barres et des marteaux mené par l'INCO, qui sert à percer des tuyères dans des convertisseurs de cuivre. M. Saville en fait un exposé assez détaillé. L'INCO a opté pour ce projet parce que le travail au marteau est la tâche physique la plus courante dans leurs usines. Le choix du convertisseur de cuivre

découle du fait que cette tâche est habituellement un travail déplaisant, non sans risques: l'ouvrier est exposé à la chaleur, à la poussière, aux gaz, à des niveaux de bruit très élevés, qui exigent tous le port d'équipement protecteur. D'après M. Saville,

> "Malgré tous les risques qu'un tel travail pose à la santé, [...], lorsque nous avons fait connaître aux travailleurs que nous allions mettre au point et à l'essai un dispositif qui permettrait de les remplacer dans ce travail périlleux, ils n'étaient pas contents du tout. Du jour au lendemain, ils ont dit que ce travail leur convenait très bien, qu'il n'était pas aussi difficile qu'ils le prétendaient la semaine d'avant ou que le syndicat l'avait prétendu dans la négociation des trois conventions précédentes."

Ce souci des personnes qui pourraient être déplacées par cette technologie est jugé primordial, bien qu'il en ait été très peu question à ce séminaire particulier.

L'importance de bien analyser les procédés et de concevoir les capteurs parfaitement adaptés à la tâche est établie par M. Laguitton, du CANMET.

> "Je pense qu'avant de mettre au point les capteurs, il faut analyser le procédé et décider de quel type de capteur on a besoin. Cela signifie qu'il faut étudier les techniques et les principes du procédé, [...], de sorte qu'il soit possible d'élaborer des stratégies de régulation..."

D'où la nécessité de repérer les paramètres les plus importants à mesurer et les meilleurs endroits pour le faire à l'usine - ce qui prendra beaucoup de temps - puis de mettre au point les capteurs qui effectueront ces mesures. **Ce n'est qu'à ce moment** que nous pourrons nous attaquer aux

machines et au matériel. Enfin, il nous est possible de coupler des capteurs à ce qui se qualifierait de robot ou de système de pilotage automatique lorsque la théorie du procédé servira à optimaliser et à superviser celui-ci.

M. Cabri, du CANMET, confirme ce qui précède. D'après lui, il existe encore de nombreux procédés utilisés en métallurgie et en exploitation minière dont nous ne comprenons pas encore les principes fondamentaux.

> "C'est pourquoi il est difficile d'automatiser ces procédés et de trouver dans ces domaines des utilisations à la robotique, et j'estime qu'il nous faut être bien conscient de cela. Certains aspects du traitement des minéraux n'ont pas été l'objet d'autant de travaux de recherche fondamentale que d'autres sciences exactes,..."

M. Van Deudekom répond à cette intervention que

> "(...) les procédés métallurgiques ne sont pas suffisamment caractérisés pour le moment pour nous permettre même de préciser le type de capteurs dont nous avons besoin pour les contrôler et pour les réguler, ce qui est aussi une indication des domaines prioritaires dans lesquels nous devrions raisonnablement engager des dépenses de recherche."

Un autre membre du CANMET, M. Petruk, décrit l'un des capteurs les plus novateurs en minéralurgie, qui intègre la technologie actuelle et pourrait plus tôt qu'on ne le pense marquer profondément tout le concept de l'usine minéralurgique. Grâce à un microscope électronique à balayage et à un détecteur à rayons X, certains échantillons peuvent être caractérisés par un analyseur d'image, grain par grain, afin d'établir la minéralogie du produit issu du procédé. Si cette caractérisation pouvait se faire en cours de traitement, en des points choisis du circuit et pouvait

être mise en correspondance avec les résultats de l'examen fluoroscopique au rayon X effectué en direct, il serait possible d'alimenter en données fort précieuses le système de pilotage par ordinateur de l'usine. Cette information pourrait être intégrée à l'exploitation; elle offre la possibilité de choisir, avec beaucoup plus de précision, le matériau qui conviendrait le mieux au traitement d'un concentré particulier. On tente déjà, à l'étranger (par exemple, en Australie), de mettre cette notion en pratique; on a réussi à mettre au point une technologie pour trier, cribler et polir automatiquement des échantillons minéraux qui peuvent alors être analysés au moyen de ce microscope électronique à balayage. Ce genre d'analyse automatisée offre l'avantage réel d'accroître les taux de récupération et la rentabilité des sociétés.

M. Saville de l'INCO admet qu'il existe déjà beaucoup de techniques automatisées mais que

> "nous ne savons toujours pas quoi faire avec l'information qu'on nous fournit."

M. Laguitton (CANMET) renchérit sur ce point en soulignant la nécessité de procéder avec méthode: d'abord transmettre les données obtenues de tous les procédés de l'usine à un compilateur d'optimisation. Ce dernier, grâce à leur analyse, peut ensuite indiquer si l'usine fait la meilleure utilisation de l'énergie qui lui est fournie dans un secteur particulier, par exemple à l'atelier de broyage, comment optimiser le procédé, s'il l'est effectivement. Un retour aux sources est essentiel, d'après M. Laguitton:

> "bien comprendre le procédé, modifier les capteurs ou en concevoir de nouveaux, puis automatiser l'usine. C'est la seule façon d'arriver à une exploitation plus efficiente et économique".

2.5 Le chaînon manquant: les capteurs

"(...) d'abord déterminer la grandeur à mesurer avant d'être en mesure de définir l'appareil permettant de la mesurer."

Bien que tous les thèmes soient liés - systèmes d'analyse et de régulation, systèmes intégrés de gestion, surveillance et pilotage des procédés, et capteurs - ce sont ces derniers qui ressortent comme les plus pressants, surtout du point de vue du mandat de recherche et de développement du CANMET.

C'est à M. Hunter du CNR que revient le mérite d'avoir remarqué que l'analyseur d'image et le diffractomètre dont nous a parlé M. Petruk pourraient bien être fort utiles comme capteurs et avaient des applications manifestes dans les domaines de l'automatisation et de la robotique.

"(...) il apparaît clairement qu'il faudra mettre au point des capteurs qui pourront travailler dans un milieu particulièrement nocif, sale et poussiéreux, que ce soit sous terre ou en surface. Il reste encore beaucoup de chemin à parcourir [...] pour que la technologie du télémanipulateur de la navette spatiale puisse être appliquée à ce milieu qui exige des appareils extrêmement robustes."

M. Wilson, de l'Ontario Centre for Research Machinery, très optimiste, surenchérit:

"Nous avons la technologie, il nous est possible par exemple de contrôler le fonctionnement des systèmes travaillant sous terre, de savoir quelle est la hauteur des déblais dans les galeries d'extraction du minerai, de contrôler la ventilation et d'augmenter ou de diminuer le régime des

> ventilateurs. Bref, nous possédons la technologie, alors qu'attendons-nous pour nous en servir?"

M. Saville, toutefois, plus sensible aux difficultés d'application en métallurgie, est moins enthousiaste.

> "... la pyrométallurgie ressortit encore de nos jours pour moitié de la sorcellerie. Un quelconque expert s'intéresse pour une raison ou une autre à un métal donné, lui fait subir un essai qui peut ou ne pas déjà exister puis décide à posteriori que cet essai a donné de bons résultats, ou de mauvais résultats... Nous savons très peu de choses sur notre procédé de grillage. Nous ignorons ce qui se passe vraiment, tout ce que nous pouvons constater est que cela fonctionne. Si nous voulons être en mesure de retirer les personnes de ces lieux de travail et d'éliminer ces tâches dans l'industrie, il nous faut d'abord trouver les moyens de mesurer les phénomènes en jeu. Quelqu'un a dit tantôt... qu'il nous fallait **d'abord déterminer la grandeur à mesurer avant de pouvoir définir l'appareil permettant de la mesurer.**"

M. Roberts est d'accord que le développement du capteur est crucial; il décrit les difficultés que comporte la simple mesure, en continu, de la température dans un bain de métal en fusion.

> "... on peut plonger de nombreux thermo-couples dans le bain de métal, quitte à les remplacer à mesure qu'ils fondent, ou encore se servir de dispositifs pyrométriques qui ne semblent toutefois pas d'une très grande précision. À l'heure actuelle, il n'existe pas selon toute apparence de très bonnes techniques de mesure, qui soient à la fois bon marché et fiables."

2.6 Les difficultés d'adoption des technologies nouvelles: l'impératif socio-économique

Plusieurs conférenciers ont mentionné, en passant, cette dimension du problème. Étant donné l'influence qu'elle aura sur l'adoption réelle de toute technologie nouvelle, cette question mérite une section à part, même très brève. D'après M. Valeri, les impératifs de l'automatisation et de la robotique sont fonction de la façon dont le secteur de la fabrication voit la productivité et le coût unitaire. M. Jutronich, de la Denison, est tout aussi préoccupé par la position concurrentielle de la société sur la scène internationale et par la rapidité avec laquelle la Corée et la Chine, par exemple, et, à plus longue échéance, l'Inde et l'Afrique adoptent, avant le Canada, les technologies nouvelles.

Pour M. Saville, la principale différence entre la fabrication et l'industrie minière tient de ce que les possibilités d'accroître la productivité du secteur manufacturier acquises, par exemple, au moyen des robots automatisés sont mises en oeuvre pour relever les capacités de fabrication.

> "Car dans notre secteur particulier, les possibilités d'améliorer la productivité sont inexistantes. Je suppose que ce ne serait pas le cas si nous avions une mine d'or, mais nous n'avons pas justement de mine d'or, bien que l'or soit l'un de nos sous-produits. Il nous est impossible de fabriquer davantage de nickel, et nous n'avons donc pas la possibilité d'abaisser nos coûts de production unitaire, parce que nous n'arrivons pas à le vendre, même si l'INCO est la plus grande productrice de nickel au monde. Le marché est déprimé en ce moment, et je pense qu'il le restera un certain nombre d'années encore."

En d'autres termes, **le seul moyen d'améliorer la productivité**, dans un marché sans possibilité d'expansion pour des articles produits en vrac comme les métaux, **devra être axé sur une réduction du coût de production.**

M. Pathak met le doigt sur l'un des obstacles à surmonter pour mettre en place les technologies nouvelles. Il faut en faire la démonstration aux exploitants dont l'objectif premier est le profit, dans un contexte qui n'engage pas leur pleine responsabilité financière mais qui leur permet tout de même d'y participer. Il y aurait moyen en créant un établissement de recherche, par exemple une mine de recherche, où différentes méthodes d'exploitation peuvent être mises à l'essai, sans coût réel pour le producteur. Enfin, M. Valeri a souligné l'importance d'avoir une équipe possédant les connaissances voulues pour voir au bon fonctionnement des systèmes automatisés. À M. Saville, cependant, revient le mérite d'avoir fait valoir les conséquences néfastes que pourrait avoir l'automatisation sur les travailleurs qu'elle remplace.

2.7 Le rôle du CANMET

MM. Jeffery et Whitham ont tous deux fait ressortir les préoccupations du CANMET dans le domaine du matériel minier et minéralurgique eu égard aux technologies nouvelles. Bien qu'il n'appartienne pas à cet organisme de concevoir un tel matériel, et qu'il n'en ait d'ailleurs pas la capacité, ses connaissances et sa compétence dans le domaine font néanmoins qu'il peut favoriser leur adoption.

M. Gladwin passe en revue les travaux les plus récents menés en ce sens, dont une évaluation permanente des besoins industriels et des possibilités d'application de la robotique, par exemple sonder les opérateurs afin de connaître leurs vues au sujet de la haute technologie et de la façon dont la robotique pourrait modifier leur travail plutôt que la conception du matériel, sans oublier une analyse des méthodes courantes d'entretien du matériel minier.

Le CANMET étudie aussi les capacités de certains matériels dans des domaines choisis, en réponse surtout aux projets présentés par le secteur privé, entre autres, la construction d'un prototype de mini-barre et marteau hydraulique. Une autre possibilité est le prototype de barre et marteau combinés adaptables à un robot que met actuellement au point l'INCO. Une troisième, qui n'engage qu'indirectement le CANMET, est la perceuse de tunnel fabriquée par la Lovatt Engineering et l'appareil de montage et de transport qu'elle requiert, construit par la Beaver Equipment. Ces deux appareils sont destinés à l'exploitation houillère. Un autre projet a trait à la mise au point d'un prototype de système de pilotage et d'enregistrement du fonctionnement de la foreuse à marteau plongeur.

Quatrième point au programme actuel du CANMET, le développement plus poussé du génie minier se poursuit, au moyen, par exemple, de nouveaux logiciels qui aideront les planificateurs à mieux utiliser les explosifs dans les mines souterraines.

Enfin, le programme du CANMET est aussi axé sur la recherche de systèmes de pilotage des opérations, entre autres, sur l'analyse du milieu et sur le traitement simulé du minerai et du charbon (Programme SPOC).

Il a été signalé que l'orientation future du programme reste encore à déterminer et qu'elle sera largement fonction des suggestions du secteur privé. M. Jeffery termine l'allocution de clôture en déclarant que

> "Le CANMET compte, étant donné sa vocation et le peu de ressources dont il dispose dans ce domaine, sur la participation et les conseils du secteur privé. Nous sommes au service de l'industrie minière, métallurgique, minéralurgique et, de fait, énergétique. Il se pourrait que nous tenions d'autres séminaires de cette nature, plus techniques peut-être, sur les travaux que nous menons.

Nous misons sur les contrats qui nous sont proposés - de toute évidence, nous ne pouvons tous les accepter - mais la participation du CANMET et de l'industrie fera progresser la technologie dans le domaine qui nous intéresse."

3. DISCOURS D'OUVERTURE

M. Kenneth Whitham, sous-ministre adjoint
Secteur de la recherche et de la technologie
Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources

C'est avec un vif plaisir que j'ai accepté de prononcer ce matin l'allocution de ce séminaire intitulé "Les robots et les appareils de contrôle à distance dans l'industrie des mines et du traitement des minéraux". J'aimerais tout d'abord vous souhaiter la bienvenue à tous, et particulièrement aux participants du secteur privé, et je désire aussi remercier dès maintenant les conférenciers qui nous exposeront leurs idées et leurs vues ce matin.

M. Jeffery, directeur général du CANMET, qui clôturera le séminaire, m'a demandé de ne pas maquiller la réalité et d'avouer tout simplement que ce séminaire est le résultat d'un processus qui a fait boule de neige. Il a pris naissance, au tout début, sous la forme d'une série de petits ateliers dont nous encouragions la tenue au sein du personnel professionnel des laboratoires du CANMET. Notre objectif était de permettre à nos scientifiques de passer en revue ce nouveau et passionnant domaine que constitue la robotique, de sorte qu'ils soient toujours sur la brèche, à l'affût d'utilisations possibles et d'idées nouvelles. Et, comme vous l'apprendra plus tard David Gladwin, le CANMET ne s'est pas croisé les bras. À preuve ce séminaire, dont avaient entendu parler un certain nombre de personnes avec qui nous gardions le contact. L'intérêt manifesté a été si vif que nous avons volontiers consenti à laisser grossir la boule de neige: le séminaire qui se tenait auparavant dans une petite salle de conférence et qui durait une heure peut-être se tient aujourd'hui dans la salle Camsell et durera toute la matinée.

Maintenant qu'il a atteint ces proportions, qu'espérons-nous en tirer? Et bien, qu'il continue, c'est un aspect important de ce rôle, d'être un foyer d'échanges d'idées et d'éveil à ce qu'est aujourd'hui la robotique.

Grâce à la présence des représentants du secteur privé qui ont la vision d'une industrie respectable et profitable, j'espère que la direction du CANMET fera le plein d'idées sur les domaines où elle pourrait offrir son concours et aussi sur les voies où elle ne devrait pas s'engager. Le CANMET s'est déjà doté d'un programme général relatif à la robotique minière, ce dont vous parlera plus tard, comme je le disais tantôt, David Gladwin du Bureau du programme de recherche. Je pense qu'il vous indiquera comment certains excellents comptes rendus préliminaires d'études menées sous contrat par la Robertson Nickerson et la Montreal Engineering dans le domaine du matériel minier, sociétés qui sont extrêmement en demande tant au Canada qu'à l'étranger, ont amené le CANMET à passer une série de contrats portant sur des projets précis.

Sans entrer dans de tels détails, je puis néanmoins vous dire que l'intérêt porté par le fédéral au matériel minier remonte à la fin des années 70 et qu'il a été défendu par plusieurs ministres qui se sont succédés au Ministère.

Tout a débuté quand le Secteur de la politique minérale du Ministère et la Direction générale de la machinerie de l'Industrie et du Commerce se sont livrés à une série d'études de la dynamique du commerce du matériel minier, les économistes, analystes et agents commerciaux de ces organisations s'étant alors tournés vers le CANMET pour obtenir l'expertise technique nécessaire au sein même du gouvernement fédéral. Ils avaient une excellente raison de ce faire, puisque le CANMET est le bras droit de l'administration fédérale dans le domaine de la technologie des mines et des minéraux. Cependant, bien que le CANMET exécute de la recherche et du développement dans les domaines de l'exploitation des mines et du traitement des minéraux, son personnel se compose généralement de scientifiques et d'ingénieurs de recherche plutôt que de concepteurs industriels et d'experts en machinerie, qui sont peut-être les compétences requises pour favoriser le développement de la robotique.

Il a été décidé que le CANMET ne devait pas se créer une compétence en conception de machinerie, domaine que nous percevons comme ressortissant mieux au secteur privé. Par

contre, il nous faut nous conformer aux directives politiques ministérielles et, bien sûr, prêter notre concours aux politiques technologiques du gouvernement. Et le CANMET possède des intérêts et des compétences considérables dans le domaine de l'exploitation minière et du traitement des minéraux, qui tous deux pourraient être enrichis par l'apport de nouvelles technologies. C'est précisément l'intérêt que nous portons aux utilisations de la robotique et des autres technologies nouvelles, d'une part, et d'autre part notre mandat consistant à favoriser l'amélioration de la productivité et de la sécurité dans les industries des mines, des minéraux et des métaux qui nous ont amené à adopter l'actuelle perspective et à passer la série de contrats dont David Gladwin vous entretiendra.

Notre espoir donc, aujourd'hui, est que vos suggestions nous aideront à établir l'orientation future de ce programme de contrats.

Je crois qu'il ne fait aucun doute à l'heure actuelle que le gouvernement fédéral a le désir d'investir dans la technologie canadienne, et qu'il entend le faire. Le problème, classique je dirais, est de déterminer quelle proportion des rares ressources financières consacrer à quel domaine. Si la robotique, tout comme la biotechnologie et l'informatique, est promise à un brillant avenir, alors il nous faut créer une place au soleil pour le Canada, pendant qu'il en est encore temps. Ce qui ne pourrait se faire, à notre avis, que grâce à du capital de risque, grâce à l'industrie minière et peut-être grâce au gouvernement fédéral au cours des premières étapes, d'une manière qui favorise la création d'une saine relation entre le producteur et le consommateur.

Le Canada possède l'une des grandes industries minières du monde, et il n'y a aucune raison pour laquelle nous ne devrions pas être à la pointe des nouvelles technologies intéressant cette industrie. Je dirais même que c'est un devoir qui nous incombe, si ces nouvelles technologies offrent des avantages en matière de productivité, de sécurité et d'hygiène.

Pour terminer, je soulignerai que nous sommes bien conscients des efforts que déploient d'autres gouvernements pour encourager la venue de ces nouvelles industries et la naissance

de ces nouvelles technologies, et nous applaudissons ces efforts. Aujourd'hui, nous avons l'honneur de compter dans cette salle des représentants du Ontario Centre for Resource Machinery et du Ontario Robotics Centre. Je précise de nouveau que le CANMET n'oeuvre pas dans ces domaines, néanmoins il offre son plus entier concours, de quelque façon que cela pourra être. La connaissance qu'il a acquise des problèmes et des besoins, bref des incidences des technologies sur l'hygiène, la sécurité et l'environnement, est à la disposition de tous.

Fondamentalement, nous oeuvrons tous, à court terme ou à long terme, à améliorer la productivité et par suite la position compétitive de l'industrie canadienne des mines et du traitement des minéraux. Manifestement, la robotique et la technologie de la télécommande nous offrent maintes façons d'arriver à cette fin, par le biais peut-être d'une révolution, mais aussi peut-être bien par le biais d'une simple évolution. De toute façon, il ne peut être qu'à notre avantage de comprendre entièrement les incidences et l'impact de ce nouvel avenir technologique.

J'espère que la réunion de ce matin nous permettra de progresser d'un pas de plus. Je la veux extrêmement fructueuse pour tous car je suis convaincu que le gouvernement fédéral y attache une grande importance.

SÉANCES

4. APERÇU DE LA ROBOTIQUE DANS LE SECTEUR MANUFACTURIER

M. Vince Valeri,
Westinghouse/Unimation,
Pittsburgh, États-Unis

Lorsque M. Mainwaring m'a invité à participer à ce séminaire, je lui ai souligné que j'avais acquis mon expérience dans le secteur de la fabrication et qu'elle n'avait pas directement trait à votre domaine d'intérêt, qui est celui de l'exploitation minière.

Il m'a répondu qu'il s'attendait précisément à ce que j'expose l'évolution survenue dans le secteur de la fabrication et comment nous la préparions, que j'en souligne les succès et les échecs, de sorte que vous puissiez en tirer profit pour l'automatisation future de vos installations.

La société Westinghouse, ainsi que de nombreuses autres grandes sociétés, consacre ses efforts à développer la technologie actuelle et à l'appliquer dans l'industrie. Par technologie actuelle, je n'entends pas la technologie de la Guerre des étoiles ou la technologie de pointe, mais bien la technologie qui est maintenant disponible, et mon rôle précis dans l'industrie est de lui trouver des utilisations. La robotique industrielle, que je définis comme l'incorporation de robots industriels au milieu de la fabrication, est l'un des volets de cette technologie courante. Autrement dit, la robotique, comme je la perçois, est l'emploi des robots dans l'industrie.

Manifestement, les robots ne sont pas apparus en une journée. Tout a débuté, de fait, avec la révolution industrielle, quand on s'est aperçu qu'il était possible d'améliorer la production à l'aide de méthodes et de machines. L'une des idées de cette époque est la chaîne de montage, technique de production en série, dont nous exploitons encore aujourd'hui l'héritage. Essentiellement, c'est une technique qui permet aux travailleurs d'être plus productifs, et nous savons que la productivité du travailleur est la clé de l'amélioration de la productivité globale.

Comme on le voit sur cette première diapositive, l'automobile est essentiellement assemblée à la main. Ici, deux hommes mettent en place la banquette, étape finale de l'assemblage. La chaîne de montage offre de nombreux avantages: elle permet de gagner du temps, elle simplifie les opérations, elle abaisse les coûts de la production et par suite elle a créé des emplois, puisque l'automobile devenait à la portée du consommateur moyen. Au fil des ans, la technologie a bien sûr permis d'offrir aux consommateurs de nombreux biens autres que l'automobile, et c'est cette hardiesse dans le développement de la technologie qui a fait des États-Unis le chef de file des marchés industriels.

Puis un ressort s'est cassé. Trop sûrs d'eux-mêmes, les Américains n'ont pas su apprécier la menace de la concurrence étrangère. Plutôt que de moderniser leurs méthodes de production et d'exploiter la technique qui était disponible, ils s'en sont remis à l'image de chef de file des États-Unis pour maintenir leur position pendant que la concurrence s'ingéniait à accroître la productivité, à améliorer la qualité et à produire des biens à moindre coût. Fondamentalement, le problème est que la croissance de la productivité des États-Unis est inférieure à celle de ses compétiteurs, et c'est là tout le drame, car la productivité, c'est l'art d'obtenir le plus possible des ressources disponibles.

Ainsi, les États-Unis possèdent bien une forte infrastructure technologique, mais ce sont les Japonais qui les premiers ont su reconnaître l'importance du rôle de la personne dans l'exploitation de la technologie. Mettant en pratique la théorie de la gestion participative, c'est-à-dire cette gestion qui incite les employés à formuler leurs suggestions et à participer davantage dans le processus de prise de décisions de la direction, les Japonais ont réussi à se gagner l'appui de la totalité de leur force ouvrière dans l'utilisation de la robotique. Fait intéressant à souligner par ailleurs, le premier robot mis en service au Japon a été construit aux États-Unis, par la société Unimation. Essentiellement donc, les États-Unis doivent robotiser leurs installations de production avec le concours de la main-d'oeuvre et c'est ce qu'ils cherchent à faire.

Bien sûr, cela ne se fera pas sans changement, et le changement est la hantise d'un grand nombre de personnes. Il est plus facile de s'accrocher au passé et aux méthodes classiques connues de tous que d'accepter le changement et que de s'y adapter. Autrement dit, ce qui risque de gêner le changement technologique est l'aptitude à introduire et à gérer le changement. Par contre, dès qu'on s'attaque à ce problème, il devient possible d'exploiter la technologie courante, l'implantation à grande échelle de la nouvelle technologie, de la robotique par exemple, dépendant très simplement de la volonté de le faire et de l'adoption de nouvelles attitudes de gestion centrées sur la personne.

En suivant cette avenue, les États-Unis seront en meilleure position pour accroître leur productivité et améliorer la qualité de leurs produits et pour tirer judicieusement profit des possibilités des années 80 pour rétablir leur leadership sur le marché mondial.

On me demande souvent ce que l'avenir réserve à la force ouvrière. En particulier, quels seront les effets de la robotique sur l'emploi? Et bien, pour répondre simplement, nous n'avons qu'à tirer des leçons de l'histoire, en considérant l'introduction de la production en série dont je parlais tantôt. Au tout début, des personnes ont été déplacées mais le résultat final est que plus d'emplois ont été créés car la production en série a permis d'élargir le marché et d'améliorer le niveau de vie de tous.

Aujourd'hui, l'industrie vit une période de transition. Les emplois classiques perdent de leur importance ou ils sont éliminés et les nouveaux emplois ne font que commencer à apparaître. Jusqu'à maintenant, la transition s'est faite graduellement. Je crois néanmoins que nous sommes en train d'amorcer un brusque virage technologique. On a par ailleurs su apprécier à sa juste valeur l'importance de la formation car, comme pour toutes nouvelles technologies, on aura besoin de comprendre les changements à venir, dont la robotique n'est qu'un élément.

Ce qui m'amène à préciser ce qu'il faut entendre par "robot industriel". Il ne s'agit certainement pas du R-2 D-2 ou de l'homme mécanique, puisque le robot n'est pas en mesure de raisonner et qu'il doit recevoir des instructions précises pour pouvoir fonctionner. Par définition, le robot industriel est un manipulateur multifonctionnel reprogrammable. Le point le plus important, c'est qu'il est reprogrammable, c'est-à-dire qu'il est commandé par un ordinateur et qu'il est possible de lui faire exécuter des mouvements différents en modifiant le programme de l'ordinateur.

Voici (diapositive 1) une cargaison de robots japonais prête à être expédiée, indication que la fabrication des robots fait bel et bien partie de notre monde. De fait, on trouve déjà dans le commerce de nombreux types différents de robots, de diverses formes et tailles et conçus pour exécuter une variété de tâches. J'en passerai quelques-uns en revue, rapidement car je pense que vous les connaissez déjà pour la plupart.

Voici un robot de soudage (diapositive 2), pouvant servir à bien d'autres fins, mais dans ce cas-ci il est muni d'un équipement de soudage. Il existe aussi des robots qui peuvent manutentionner des pièces et du matériel, certains étant plus perfectionnés que d'autres.

Un autre robot peut trier des chocolats et les placer dans des boîtes.

Voici un autre robot (diapositive 3), à trois bras, servant à l'assemblage de petites pièces, comme des composants électriques, des relais électriques et des disjoncteurs.

À l'autre extrême, on trouve de gros robots, qui sont utilisés pour le soudage de grosses structures. Les robots de ce genre peuvent atteindre six mètres de longueur et peuvent être spécialisés, comme celui que nous voyons qui soude du matériel minier avec lequel vous êtes sûrement familiarisés.

Certains robots (diapositive 4) peuvent d'autre part être assimilés à des machines-outils. Il s'agit de robots industriels pouvant exécuter plus d'une opération, selon l'effecteur dont ils

sont munis. Dans ce cas précis, l'effecteur est une torche de soudage qui décrit un trajet programmé préalablement. Le robot est modulaire et peut-être prolongé dans toutes les directions, et il a aussi déjà servi à diverses opérations comme le découpage au plasma, au jet d'eau et au laser. Il peut être adapté à de nombreux autres procédés propres à une industrie particulière, l'art du génie d'application étant justement de marier le robot au matériel d'automatisation existant.

Il importe par ailleurs de comprendre que le robot est autre chose qu'un simple organe d'exécution d'opérations. Le robot fait en réalité partie d'une cellule de fabrication qui est constituée de quatre éléments fondamentaux. Il y a tout d'abord le manipulateur, ou le bras monté sur sa base. En second lieu vient l'ordinateur, qui fait techniquement partie du robot. Et en troisième lieu, il y a le matériel périphérique ou auxiliaire; dans ce cas particulier, il s'agit de deux tables de positionnement des pièces à souder.

Enfin, le dernier élément et le plus important est l'homme, car l'homme est essentiel au développement de tout système robotique et c'est lui aussi qui veille à son efficacité. C'est l'homme qui conçoit le système et qui contrôle son fonctionnement, c'est l'homme qui enseigne au robot quels gestes exécuter au moyen d'un tuteur télécommandé et c'est l'homme qui programme l'ordinateur qui pilote le robot.

Je vais maintenant vous décrire certaines utilisations courantes de la robotique et vous donner un aperçu des développements futurs du domaine des robots industriels. Jusqu'à maintenant, nous avons vu des robots à l'oeuvre. La véritable question qui se pose est de savoir à quoi et comment sont utilisés les robots et quelles opérations de fabrication sont-ils au juste capables d'exécuter?

Il faut bien se rendre compte, lorsqu'il est question de l'utilisation de la robotique, que l'accent doit être placé sur le système robotique plutôt que sur le robot proprement dit. Par définition, le système robotique est un procédé ou une opération de fabrication faisant appel à un robot industriel. Bien qu'il soit possible d'acheter un robot de série, il est impossible

d'acheter la solution toute faite d'un problème. L'élément probablement le plus important de l'implantation d'un robot industriel est la technologie d'application. On croit généralement à tort que les robots peuvent faire "n'importe quoi"; au contraire, ils sont de capacité extrêmement limitée et ils ne peuvent exécuter que certaines opérations déterminées par leur conception initiale. C'est donc à l'ingénieur d'application qu'il incombe de trouver le lieu propice au robot idoine et de mettre ce dernier à l'oeuvre.

J'ai tenté jusqu'à maintenant de faire ressortir certains éléments fondamentaux et certaines méthodes de conception dont il y a lieu de tenir compte pour mettre en oeuvre un système robotique. L'intervention indispensable de l'ingénieur d'application et l'adaptation de la conception du système aux besoins ont fait apparaître sur le marché une nouvelle génération de fournisseurs. De grandes sociétés, comme General Electric, IBM, General Motors, et, bien entendu, Westinghouse/Unimation, disposent de vastes ressources techniques, financières et administratives et attaquent aujourd'hui le marché de l'automatisation des usines avec des vues beaucoup plus larges et des attitudes beaucoup plus dynamiques que les fournisseurs classiques de robots.

C'est dans le domaine du soudage par résistance que les robots trouvent peut-être bien l'utilisation la plus répandue. Presque toutes les opérations de soudage par points de l'industrie de l'automobile sont maintenant faites par des robots. Ceux-ci non seulement permettent de réduire les frais de main-d'oeuvre mais ils sont aussi capables de souder plus précisément que l'homme uniquement aux endroits où il faut. Cette précision se traduit naturellement par une amélioration de la qualité du produit et par une réduction du gaspillage. Enfin, les robots peuvent être suspendus ou montés sur les murs, d'où économie d'espace qui permet de rationnaliser l'exploitation de l'espace disponible et d'optimaliser l'agencement des divers matériels.

Voici une vue rapprochée (diapositive 5) montrant une opération de soudage, la pièce de travail étant maintenue par une table de positionnement. Il y a lieu de souligner que le bon

positionnement de la pièce de travail est tout aussi important que la précision d'exécution du robot. La plupart des robots d'aujourd'hui n'ont pas la possibilité de détecter si la pièce de travail se trouve bien devant eux, et encore moins de déterminer si elle est bien orientée. En fait, à bien des égards, les robots sont tout simplement des machines aveugles auxquelles on enseigne une suite d'opérations qu'elles répètent indéfiniment. Par suite, chaque pièce doit toujours être montée de la même façon sur la table de positionnement si l'on désire que le soudage soit bien exécuté. Cela met bien en lumière le fait qu'un système robotique se compose de bien autre chose que d'un simple robot.

Les robots sont aussi bien présents dans le domaine de la manutention. En voici un (diapositive 6) qui prend des tubes fluorescents sur un transporteur et les empile sur une palette d'expédition. Les robots sont puissants dans certains cas et, comme vous le voyez ici, ils peuvent aussi être délicats.

Ce même robot peut exécuter une tâche légèrement plus compliquée. Il saisit des barres de tungstène qu'apporte un transporteur, il les introduit dans un four et, lorsque celles-ci sont suffisamment chauffées, il les positionne sur une machine à estamper. Cette diapositive montre aussi que le robot ne doit pas nécessairement fonctionner dans un milieu parfaitement stérile. Dans ce cas-ci, une pression positive empêche la poussière de s'introduire dans le cabinet de commande et il a suffit de protéger la surface des roulements du robot pour que celui-ci puisse travailler en fonderie et dans le domaine du polissage.

Il existe aussi une machine à deux bras utilisée pour charger et décharger des presses; la machine permet de réduire au minimum le temps de transfert des produits d'une presse à une autre.

N'oublions pas le robot de projection. Il peut projeter de la peinture ainsi que d'autres substances, de la peinture, des revêtements asphaltiques, des poudres de plastique et des substances fluides ou en poudre, et peut aussi exécuter des opérations de lavage et de nettoyage. La souplesse de ce robot

est sa caractéristique la plus importante. Les pièces à peindre sont entraînées par un transporteur qui les fait pénétrer dans la cabine de projection et la suite des manoeuvres du robot est coordonnée avec la vitesse du transporteur. Le grand avantage qu'offre ce robot est l'obtention de produits de meilleure qualité: le robot applique uniformément la peinture sur la pièce, sans oublier le moindre recoin. Un autre important avantage est qu'il permet de réduire l'exposition des personnes aux produits toxiques habituellement associés au pistolage.

Il existe aussi des robots d'assemblage, mais ceux-ci exécutent des opérations limitées et relativement simples. Toutefois, le perfectionnement des systèmes de vision artificielle et l'amélioration de la précision des manipulations donnent à penser que les robots seront largement employés dans les années 80 dans le domaine de l'assemblage des petites pièces. La séquence d'assemblage montrée ici (diapositive 7) illustre les efforts déployés par la société Westinghouse dans ce domaine. Le robot a pour rôle d'assembler les flasques d'un petit moteur. Ces pièces sont habituellement assemblées en lots comptant six cent unités en moyenne. Chacun des flasques est composé de trente pièces que le robot assemble en une vingtaine de secondes. L'usine fabrique chaque jour treize modèles différents de moteur, parmi les quatre-cent cinquante qu'elle offre à sa clientèle. Auparavant, le facteur le plus coûteux de la fabrication était le temps mort qu'il fallait pour passer, sur la chaîne de montage, d'un modèle à l'autre. Aujourd'hui, c'est l'avantage de la souplesse du robot utilisé, les temps morts sont nuls.

Les éléments les plus révolutionnaires de cette application sont le pilotage par ordinateur et les commandes sensorielles. Le système de pilotage est indispensable à l'exécution des nombreuses tâches simultanées qu'exige la courte chaîne de montage. Le système de commande sensorielle permet quant à lui de déterminer l'orientation de la pièce par rétroaction. La caméra du système de vision artificielle est ce dispositif blanc visible à la droite (diapositive 8). Le système de vision artificielle de ce projet peut reconnaître des pièces orientées aléatoirement sur la chaîne de montage, une fois instruit à ce

faire au moyen d'un cycle d'apprentissage multipasse piloté par un opérateur. Il peut aussi permettre de tourner la pièce à tout angle donné.

Les robots peuvent aussi faire du trempage. Celui-ci, par exemple (diapositive 9), décharge des robinets moulés sous pression, les inspecte puis leur fait subir une trempe.

Cet autre robot (diapositive 10) plonge des plateaux de pièces d'aluminium dans des bains d'attaque à l'acide et de rinçage, situés de part et d'autre de l'allée centrale, afin de les garnir d'un revêtement protecteur. Comme on le voit, ce robot se déplace sur un rail, ce qui lui permet de se mettre à portée de tous les bains.

Au point où nous en sommes maintenant, vous devriez avoir une bonne compréhension de ce à quoi ressemblent les robots et de la façon dont on les utilise dans l'industrie aujourd'hui. J'aimerais maintenant faire état de certains avantages de la robotique.

Premièrement, **la robotique permet d'améliorer la productivité.** Les robots travaillent sans une seule minute de répit. Ils ne prennent pas de pause-café, ils ne tombent pas malades et ils ne souffrent pas de lundinite. Les robots ne se lassent pas et ne se fatiguent pas, ne prennent pas de vacances et il n'est nul besoin de leur verser des pensions. On peut, si on le désire, les faire travailler sur trois postes d'affilée, ils en sont capables.

En second lieu, **la robotique permet d'améliorer la qualité** parce que les opérations sont exécutées de façon systématiquement uniforme.

En troisième lieu, **les coûts d'exploitation à long terme sont moinsélevés** car, une fois acheté, le coût du robot est fixe alors que celui de la main-d'oeuvre est variable.

Enfin, les robots permettent de remplacer les personnes aux postes de travail chauds, fatiguants, dangereux et monotones, **ces personnes devenant beaucoup plus productives** lorsqu'elles sont affectées à d'autres travaux.

L'incorporation d'un système robotique dans un procédé de fabrication permet habituellement d'en **améliorer l'efficience,** pour la simple raison que celui-ci a fait l'objet d'une étude en profondeur.

Enfin, tous ces avantages se traduisent par une **profitabilité accrue,** qui permet à l'industrie de se tailler uneplace au soleil sur les marchés internationaux.

Jusqu'à maintenant, nous avons vu des robots intégrés dans des îlots d'automatisation. Il faut bien se rendre compte cependant que les îlots d'automatisation ne sont qu'une étape et que nous sommes en train de nous diriger vers l'automatisation d'usines au grand complet. Les robots, dont nous avons surtout parlé jusqu'ici, ne sont qu'un des éléments des stratégies d'automatisation.

Il importe, pour que ces stratégies soient fructueuses, que le robot soit intégré dans un milieu, constitué de machines, de matériel de manutention, etc, qui lui aussi soit coordonné et conçu en fonction d'une plus grande automatisation.

Pour qu'il soit possible d'automatiser des usines au grand complet, il est nécessaire de disposer de mécanismes de rétroaction en temps réel fournissant des informations à la fois sur les procédés et sur les produits. C'est l'interfaçage et le pilotage du matériel au moyen de microprocesseurs et de contrôleurs programmables qui nécessitent la collecte et le traitement en temps réel de ces informations, qui portent essentiellement sur deux domaines. Le premier est celui de la production, où surviennent de nombreux changements: ajustement de la conception, modification des normes d'inspection, passage d'un modèle à un autre, etc. Le second domaine est celui de la gestion des opérations quotidiennes: calendriers de livraison, inventaire des stocks, disponibilité des installations, disponibilité de la main-d'oeuvre, etc.

C'est dans ce domaine que nous déployons actuellement des efforts qui permettront un jour d'automatiser des usines entières. J'aimerais illustrer mon propos de deux exemples.

Passons à l'organigramme d'une usine conçue pour produire automatiquement des transformateurs électriques. Tout est automatisé depuis la sélection des matériaux bruts: découpage des feuilles et fabrication des cuves des transformateurs, découpage des noyaux des transformateurs dans des aciers feuilletés, enroulage du cuivre et de l'isolement pour obtenir des bobines, assemblage des pièces, exécution des essais une fois l'assemblage fait, et transmission rétroactive de données d'îlot aval en îlot amont pour que ce dernier ravitaille le premier. Voici essentiellement à quoi ressemble une usine automatisée.

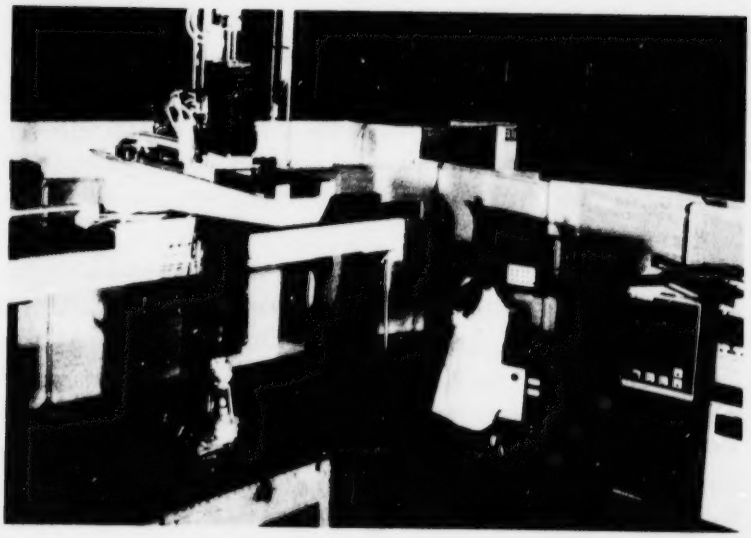
Dans une telle usine, on intègre les pilotages de premier niveau, c'est-à-dire le pilotage des cellules de travail individuel, par exemple celui des presses de cisaillement, des presses de forage et des machines à souder, pour obtenir un pilotage de deuxième niveau dont l'îlot d'automatisation est l'ensemble de l'usine. Au fil des ans, on a réussi à concevoir des systèmes de pilotage de ce type à commande numérique directe, c'est-à-dire qu'un seul ordinateur transmet à chacune des diverses machines, et aux ordinateurs qui les pilotent, les programmes contenant les instructions que ces machines doivent exécuter en harmonie pour fabriquer le produit.

Nous en sommes aujourd'hui au pilotage de troisième niveau. C'est-à-dire que nous essayons d'incorporer au tout un ordinateur de gestion qui indiquerait au système à commande numérique directe quel produit il faut fabriquer un jour donné, de sorte que ce dernier puisse ajuster ses programmes et modifier le ravitaillement des matériaux en conséquence. L'ordinateur de gestion pourrait aussi établir quelle est la main-d'oeuvre disponible à un moment donné et comment les opérations doivent être modifiées en fonction de cette disponibilité.

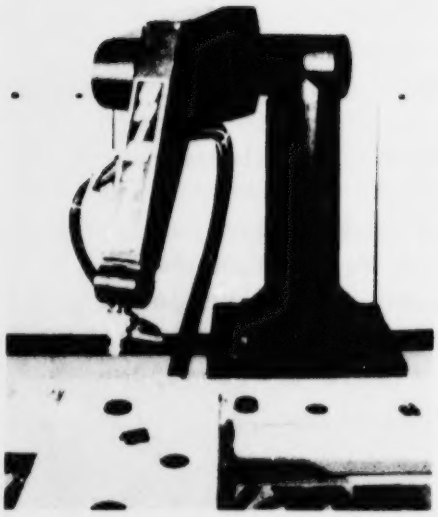
Voilà donc les domaines qui nous intéressent en matière d'automatisation des usines. En bref, nous cherchons à mettre au point des matériels d'une souplesse telle qu'un ordinateur de gestion pourra leur communiquer les instructions de la journée et que les matériels pourront s'ajuster en conséquence pour répondre non seulement à nos exigences en matière de coûts mais aussi à celles de la clientèle.

Je vous remercie.

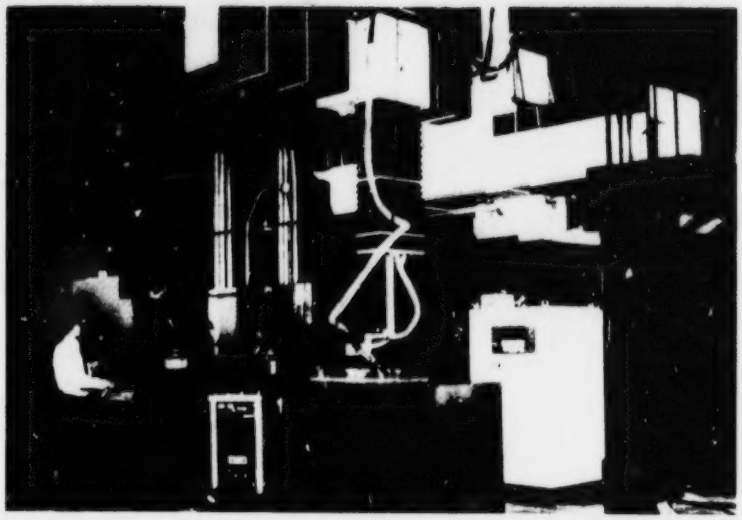
DIAPO 1 - Des robots manipulateurs du Japon prêts pour l'expédition. On les produit en nombre sans cesse croissant.



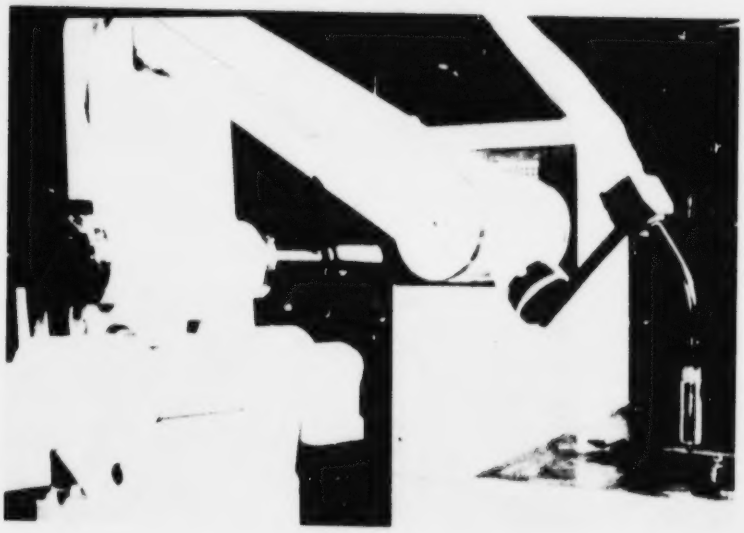
DIAPO 2 - Un robot de soudage adaptable, capablede travailler de grosses pièces.



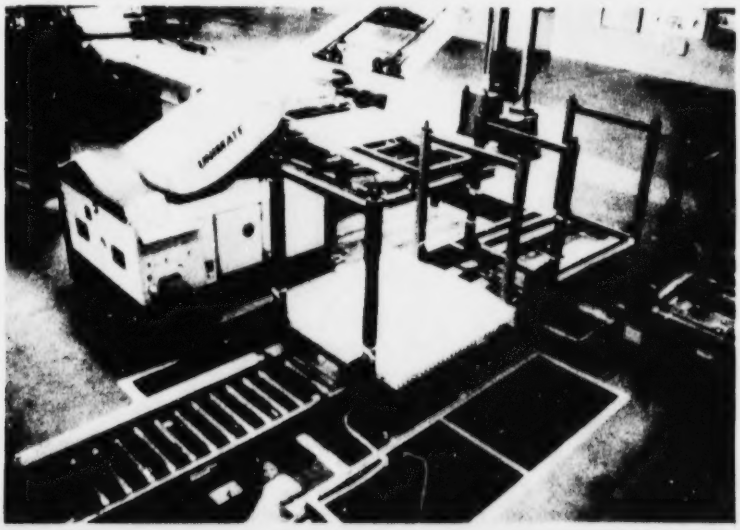
DIAPO 3 - Un bras manipulateur servant à de petits travaux d'assemblage.



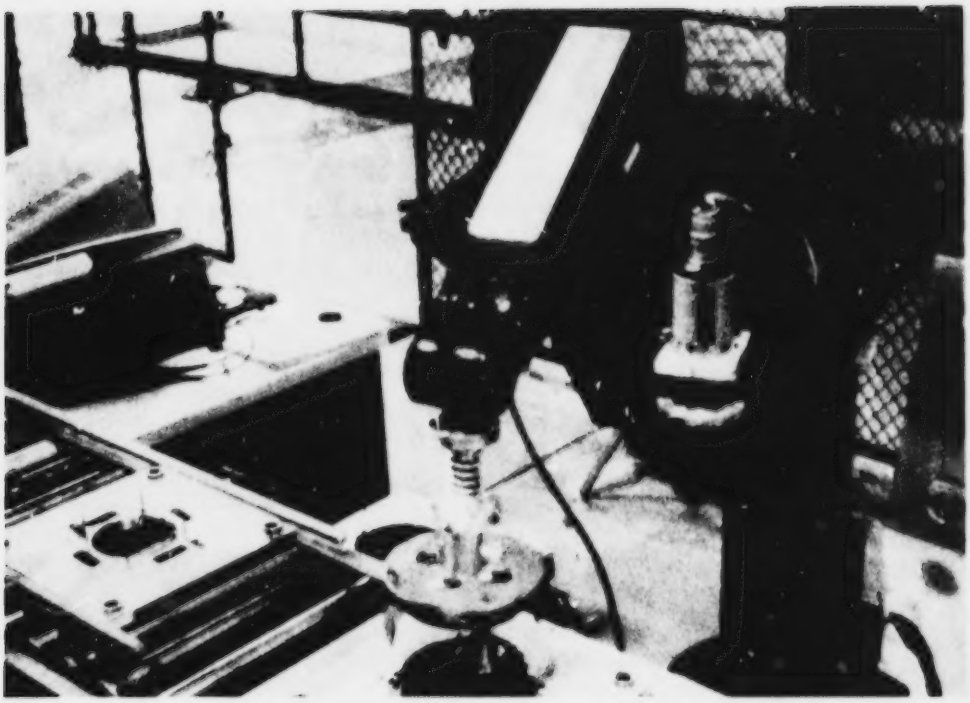
DIAPO 4 - Une machine-outil dont on peut changer l'effecteur.



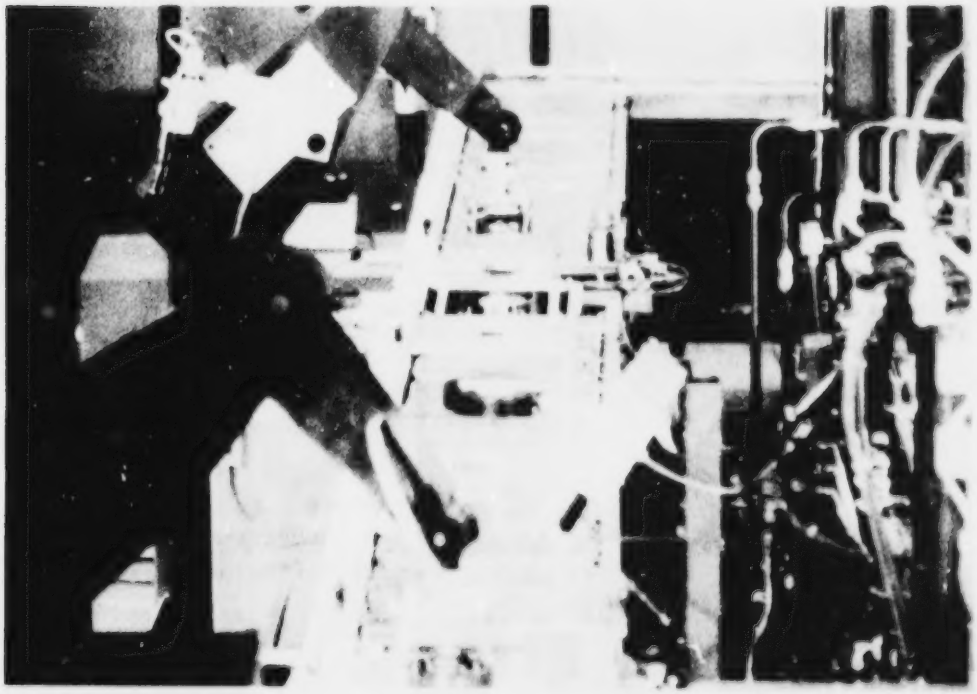
DIAPO 5 - Robot de soudage couplé à une table de positionnement.



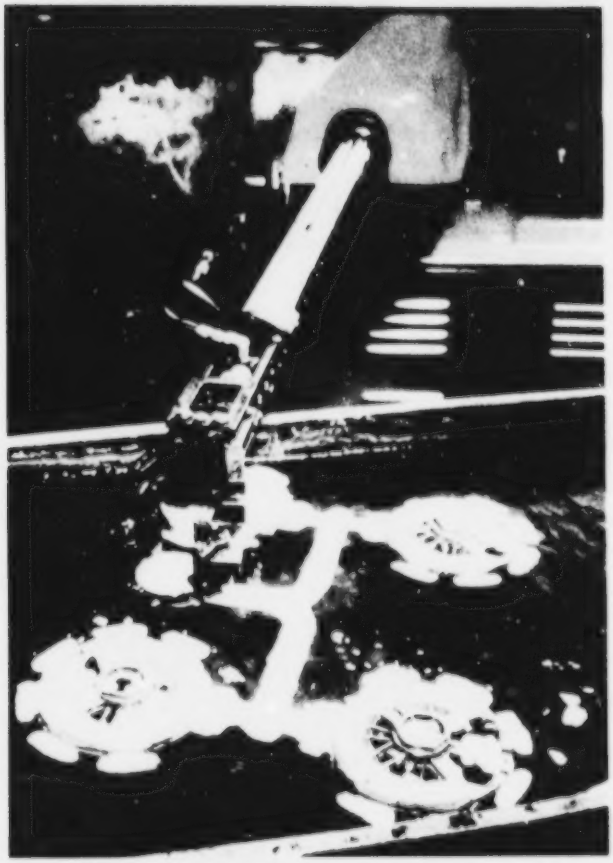
DIAPO 6 - Le robot peut aussi accomplir des tâches assez délicates. Ici, il emplie des tubes de verre.



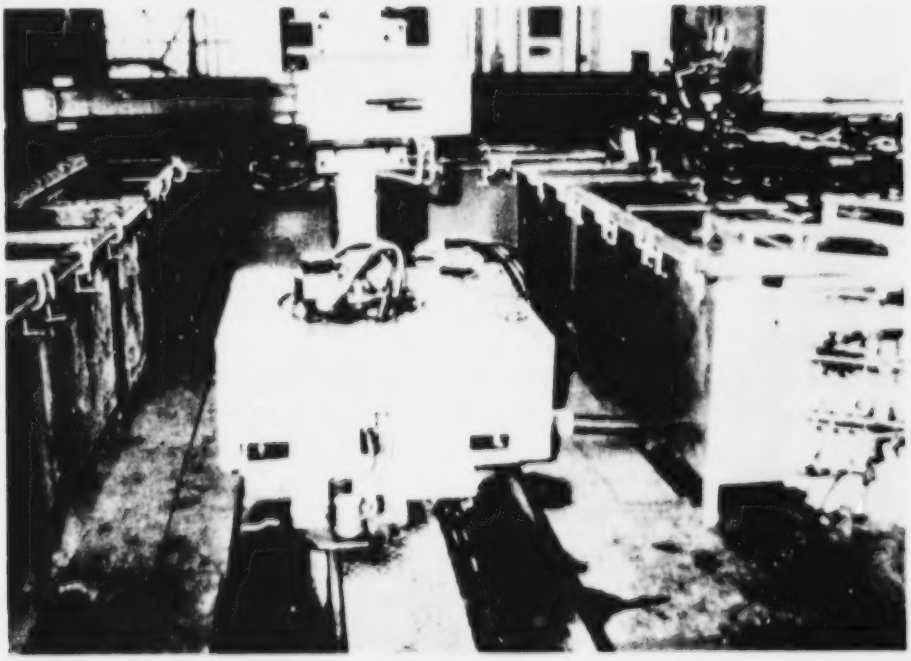
DIAPO 7 - Assemblage monotone réalisé par un robot zélé.



DIAPO 8 - Une caméra reliée au pilotage du robot permet d'obtenir des images qui influent sur les décisions.



DIAPO 9 - Le robot peut accomplir plusieurs tâches à la fois. Ici, il effectue l'inspection et la trempe.



DIAPO 10 - Les manipulateurs fonctionnent bien en milieux dangereux et toxiques, par exemple dans un atelier de trempe à l'acide.

5. LA TECHNOLOGIE DE POINTE APPLIQUÉE À L'ABATTAGE SOUTERRAIN EN ROCHE DURE

M. Jay Pathak
Laboratoires de recherche minière, CANMET

De l'aveu de tous, c'est avec un retard considérable que l'exploitation minière souterraine en roche dure a adopté la haute technologie et les techniques de pointe, qui ont d'abord été introduites dans les mines de charbon en raison, semblerait-il, du type tout à fait courant des dépôts, de la parfaite géométrie de la méthode d'exploitation et de la non-abrasivité du charbon qui ont encouragé l'automatisation et la télécommande. Or, dans l'exploitation souterraine en roche dure, surtout des gisements de type filonien, même la définition du contour s'avère ardue, ne progressant que de quelques mètres à la fois. Dans l'une des mines uranifères que nous avons visitées en Saskatchewan, la variation du minerai était telle que chaque godet devait être mesuré au capteur pour déterminer s'il était exploitable ou digne du remblai. L'erreur de prévision géostatistique de la teneur en uranium du gisement tout entier par rapport aux quantités réellement obtenues atteignait le rapport inouï de 10 pour 1. De plus, la nature même de l'abattage souterrain en roche dure, y compris l'abrasivité et l'extrême dureté du minerai et de la roche encaissante, le milieu hostile, la séparation au front de taille et les distances qui séparent les chantiers, outre la difficulté inhérente que cela pose pour la supervision, font que les concepteurs de matériel minier ont beaucoup de difficulté à mettre au point des machines universelles. La nature des opérations propres à chaque chantier tend à prévenir l'application de la robotique, voire à la rendre tout à fait immpossible. Les scientifiques ou ingénieurs qui disent que l'extraction minière en est encore au stage Néanderthal, en ignorent les difficultés ou ne savent pas de quoi retourne l'abattage en roche dure. Les échecs répétés du matériel et des matériaux ont inculqué chez les ingénieurs et exploitants des mines à la fois pessimisme et prudence à l'égard des techniques nouvelles.

Afin de surmonter cette peur de l'inconnu qu'ils nourrissent pour la haute technologie et les techniques de pointe, il faudra en faire la démonstration aux exploitants dont l'objectif premier est le profit, dans un contexte qui n'engage pas leur responsabilité financière mais qui leur permet tout de même d'y participer. Les milieux de recherche minière de la Suède disposent de leur propre mine de recherche où ils peuvent faire différents essais, y compris appliquer de nouvelles méthodes et utiliser du nouveau matériel. Nous aussi avons besoin de telles installations.

La haute technologie a envahi le quotidien, que ce soit sur le terrain de foot, dans la cuisine, au bureau ou dans la salle d'étude. Il sera difficile d'épargner plus longtemps à l'extraction souterraine en roche dure les assauts de cette vague technologique. On peut déjà en noter des manifestations, et les Canadiens seraient bien avisés de lui ouvrir tout grand la porte, avant qu'il ne soit trop tard.

Il existe plusieurs technologies pour accomplir une même tâche, mais bon nombre ne sont pas pratiques ou elles coûtent trop cher. Les contraintes technologiques dépassent de loin les limites économiques acceptables. Ainsi, les techniques d'abattage connues comprennent aussi bien la technique du ciseau et du marteau que les moyens plus perfectionnés comme le découpage au plasma ou au laser. Pourtant, ces deux extrêmes tendent à être inacceptables en raison soit de l'impossibilité de s'en servir soit de leur coût prohibitif, ou encore des deux à la fois. Seules les techniques faisant appel à l'air comprimé ou à l'hydraulique satisfont aux critères tant économiques que technologiques. L'emploi de la haute technologie et des techniques de pointe a donc pour objet d'abaisser le seuil de rentabilité du prix et de l'axer sur les techniques perfectionnées d'avant-garde.

Même si elles sont appliquées à un procédé ou à un ensemble, ces techniques atteignent tout de même un seuil à partir duquel toute amélioration est vaine. Un changement radical est alors de mise. On peut réaliser d'importants gains d'abord en mécanisant ou en perfectionnant les composantes électromécaniques du système. Une fois le point de saturation atteint, l'efficacité ou la productivité plafonneront. Toute tentative ultérieure sera infructueuse; par contre, elle fera monter le coût unitaire.

Après cette première étape de mécanisation, on pourrait essayer l'automatisation du matériel ou de l'atelier jusqu'à ce qu'il atteigne un nouveau point de saturation. Il est alors possible d'optimaliser l'automatisation afin de réaliser des gains additionnels de productivité, d'efficacité et de coût unitaire. Ce processus mènera cependant lui aussi à une impasse. Pour bien faire comprendre ce qu'est l'automatisation optimalisée, mieux vaut en donner un exemple concret: le forage. Celui-ci peut être automatisé sans être optimalisé. Ainsi, le renouvellement et le retrait du train de sonde peuvent s'effectuer automatiquement, sans intervention humaine. Si cette automatisation est optimalisée, des mesures comme la vitesse de rotation, la force de percussion, la dureté de la roche, etc., seront prises de façon à pouvoir rajuster instantanément ces paramètres pour réaliser une pénétration maximale. Toute variation de ces conditions de base est alors automatiquement relevée, de sorte que l'abattage s'effectue au rythme maximal, selon les conditions de l'heure. Cette optimalisation exigera invariablement l'application de la technologie des microprocesseurs à la prise de telles décisions.

Il existe toute une série d'améliorations partielles que l'on peut incorporer à l'élaboration de tout matériel ou système mais, comme toute bonne chose, elle aussi a une fin. Lorsqu'on atteint cette limite, le seul moyen de progresser consiste à changer de technologie. L'industrie de la haute technologie en est un bon exemple. Le fameux tube électronique d'Edison (effet thermoionique) a atteint ses limites, d'où la recherche menée dans la physique de l'état solide qui a donné naissance au transistor et, par le fait même, révolutionné le monde de l'électronique.

Le degré de technicité a une influence marquée sur les paramètres d'entrée et de sortie d'un système; or, nous devons nous efforcer de maîtriser ces paramètres en notre faveur. Les extrants comme la productivité, le coût unitaire et la sécurité comptent énormément dans une exploitation.

Essentiellement, ce sont la productivité et le coût unitaire qui importent le plus, tout en étant les plus discutables. Dans les mines de charbon de Grande-Bretagne, l'avancement

technologique n'a pas eu d'effet sensible sur la productivité pendant les huit décennies qui ont précédé les années soixante, pour ensuite l'accroître légèrement. Entre temps, par contre, la sécurité s'était beaucoup améliorée, mais ce phénomène était probablement attribuable en grande partie à la réglementation en vigueur.

En raison des difficultés évidentes que pose l'utilisation d'équipement diesel sous terre, il faut maintenant concevoir des machines fonctionnant à l'électricité ou à des sources hybrides d'énergie pour permettre aux mines de combiner l'adaptabilité des moteurs diesel à la simplicité des moteurs électriques. En fait, ce qu'il faudrait, c'est construire des mines entièrement électriques. Celles-ci sont particulièrement avantageuses dans les climats froids, comme au Canada, où il est nécessaire autrement non seulement d'importer les volumes d'air additionnel qu'exigent les moteurs diesel mais aussi de chauffer cet air. Pour réaliser la même force motrice et le même rendement, la machinerie électrique requiert 20% moins d'intrant. Quant à l'entretien, elle est définitivement un atout de taille: d'après Jarvis Clark, un moteur diesel Deutsch de 180 BHP compte en tout 2 776 morceaux, dont 586 pièces distinctes, alors que le moteur électrique ASEA, également de 180 BHP, n'en comporte que 44, dont 8 seulement peuvent s'user. M. Clark compte à son actif la conception d'une berline serre-fil de trolley, qui a été mise à l'essai dans la mine souterraine Fox.

La haute technologie est essentielle à ce genre de progrès. Les fabricants de matériel, les maisons de haute technologie et les exploitants devraient tous chercher à combiner souplesse et fiabilité, en supprimant l'utilisation du moteur diesel dans les mines souterraines dans les cinq à dix prochaines années. Un objectif similaire serait de réduire l'utilisation faite de l'air comprimé ou de l'éliminer virtuellement de l'exploitation souterraine, en tant que moyen extrêmement inefficace d'utiliser l'énergie. Actuellement, nous menons une étude qui mettra en valeur la rentabilité et la commodité du moteur électrique et fera le point sur le matériel à concevoir pour réaliser cet objectif.

Les méthodes courantes d'abattage sous terre, dans la roche dure, comportent deux grandes exigences: 1. la rapidité de percement des galeries et 2. une extraction accélérée de forts volumes de minerai des chantiers. L'aménagement représente environ 20 à 25 % du coût de l'exploitation minière. Il faudra trouver soit un moyen moins cher et plus rapide d'y procéder, soit une méthode d'extraction qui réduit le rapport entre le coût d'aménagement et le tonnage exposé.

La méthode canadienne d'exploitation rabattante en puits vertical offre plusieurs avantages et l'on s'attend à ce qu'elle représente un jour entre 35 et 40 % de la production souterraine. Outre sa plus grande productivité, d'environ 33 tonnes/homme-équipe, contre 20 pour l'abattage longitudinal à découvert et pour l'exploitation par chambres-magasins, elle permet d'accumuler des stocks considérables de stériles sur les chantiers. Les contraintes limitant actuellement le recours à cette méthode viennent en grande partie du matériel utilisé pour creuser à la verticale, c'est-à-dire le marteau au fond du trou.

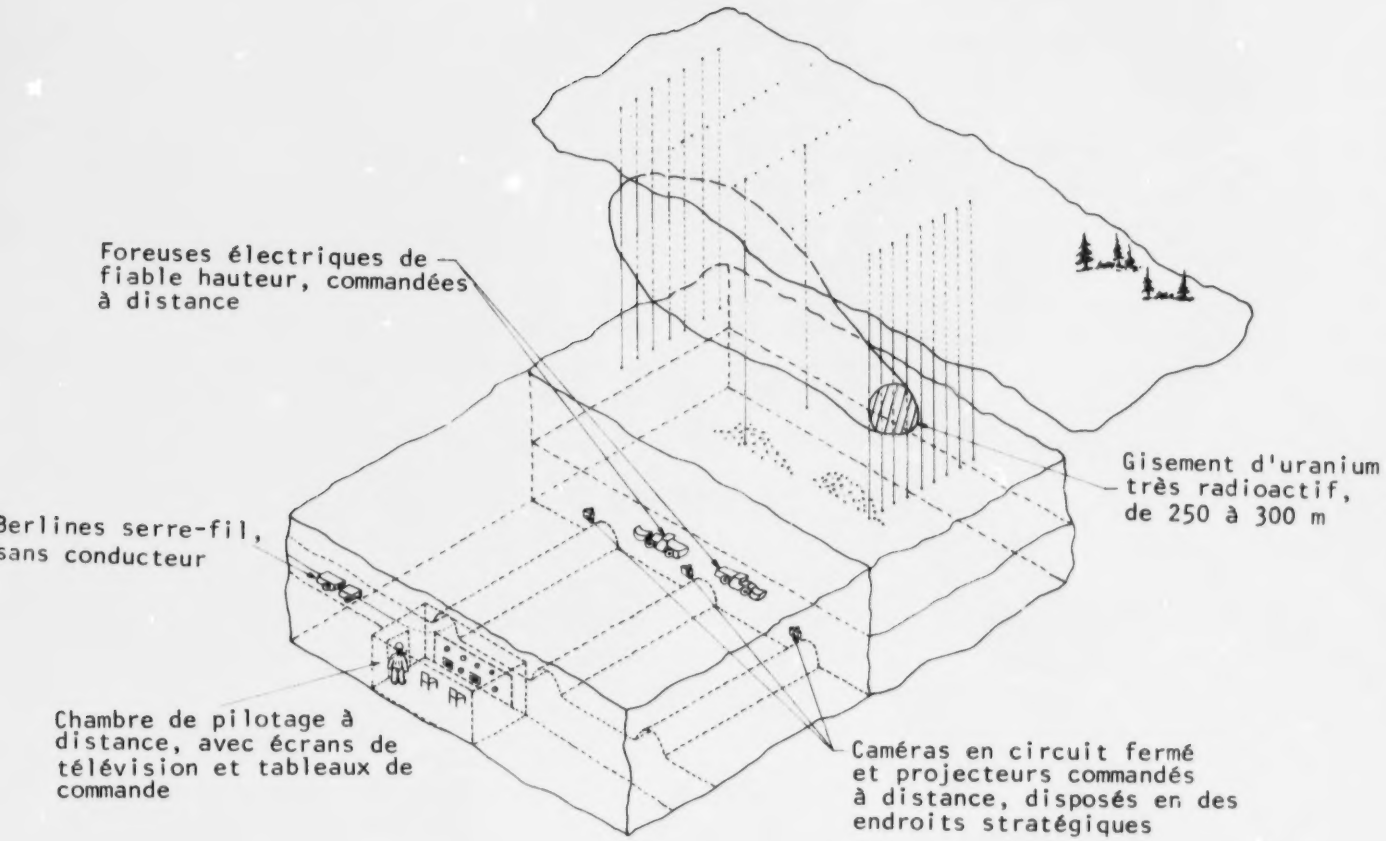
Cette perforatrice est une candidate idéale pour l'application de plusieurs innovations de la haute technologie qui en relèveraient la productivité. Il est possible de l'automatiser au complet de sorte qu'un opérateur peut en manipuler plus d'une au même mur. À la fois, la hauteur du tronc pourrait être abaissée, ce qui permettrait de travailler dans des espaces plus exigus et diminuerait donc, par la même occasion, le coût d'aménagement. Dans les mines où j'ai travaillé, la hauteur moyenne du chantier d'abattage ne pouvait dépasser 30 m, ce qui occasionnait des problèmes d'emplacement de la perforatrice et nuisait à son alignement. Il était difficile de creuser selon la trajectoire prévue. Or, ces déviations peuvent ajouter jusqu'à 3 ou 4 $ par tonne en frais d'exploitation et d'aménagement, en pertes de minerai et en dilution des déchets rocheux (1).

Cette déviation est habituellement plus prononcée lorsque la profondeur atteint plus de 30 m (2). Ce qu'il faut élaborer, c'est un appareillage qui conservera à la perforatrice son orientation et produira en direct des données sur l'azimuth et la déviation du trou de sonde. Un signal avertisseur suivi, au besoin, de l'arrêt automatique de la perforatrice maintiendra au

minimum les trous décalés. Des enregistreurs numériques adéquats sont essentiels pour suivre l'alignement de la tige de forage, l'azimuth et la déviation du trou et pour préciser les coordonnées du sondage. Il faudrait qu'ils soient compatibles avec les graphiques en trois dimensions sur lesquels reposent les programmes de simulation des trous de mines. Un tel programme serait conçu de façon à représenter, en images polychromatiques tridimensionnelles, l'agencement de la mine, illustrant l'espacement des trous et le type de couches et à présenter au contremaître chargé des travaux de tir tous les renseignements dont il a besoin pour poursuivre l'abattage. Ce programme devrait aussi fournir des rapports de gestion et prédire les pannes, améliorant ainsi la conception de tous les travaux relatifs aux explosifs et la fragmentation qui en résulte.

À l'aide des microprocesseurs, il serait alors possible de mesurer divers paramètres de forage et d'optimaliser l'automatisation de la perforatrice, donnant la pénétration maximale permise tout en maintenant à un minimum l'usure du fleuret.

S'il était possible de piloter ainsi le forage de trous relativement creux, un monde entièrement nouveau de gisements s'ouvrirait à des profondeurs impossibles à exploiter en découvert ou encore là où l'abattage souterrain s'avère techniquement impraticable. Cette dernière situation est très courante dans les dépôts uranifères de la Saskatchewan. Un gisement à forte teneur en uranium pourrait concevablement être exploité directement de la surface. L'aménagement souterrain qui l'accompagne, grâce à l'automatisation, s'effectuerait essentiellement sans exposition aux niveaux élevés de radiation. Grâce à l'exploitation rabattante en puits vertical, le minerai serait déposé dans la brèche. Des chaînes électriques de godets télécommandées pourraient alors prendre les terrains de couverture et les déposer dans les berlines serre-fil de trolley commandées à grande distance, sans conducteur, ou sur des convoyeurs mécaniques. Pour appliquer un tel principe, la technologie de télécommande aveugle des chaînes de godets et des berlines devra se perfectionner. Une série de circuits fermés et de projecteurs télécommandés, stratégiquement placés dans la mine et sur le matériel même, aiderait à piloter et à faire



Abattage souterrain en roche dure, piloté à distance

fonctionner ces appareils à partir d'une cabine protégée contre les rayonnements. Dans les cas de force majeure, les employés envoyés dans la mine seraient vêtus de combinaisons spéciales conçues pour les opérations sous terre, qu'il reste à développer au demeurant. Leur mise au point sera beaucoup plus simple que celle des combinaisons spatiales. Nul besoin en effet de régulariser la pression et la température; en revanche, ces combinaisons, outre de protéger contre la radiation, devront également être pratiques.

La technologie avancée de commande aveugle à distance des godets et des berlines semble déjà exister, mais encore faut-il en faire l'essai dans la mine. Cette épreuve exigera l'élaboration de télécommandes spécialement destinées à ce milieu et divers simulateurs de formation. Le Canada est l'un des plus grands concepteurs et exportateurs de simulateurs de vol. De l'espace à la mine, il n'y a qu'un pas, géant je le concède, mais qu'il nous faudra franchir si nous voulons percer dans ce domaine technologique.

Des chargeuses continues, conjuguées à des concasseurs et à des convoyeurs portables, pourraient concevablement porter rapidement le minerai broyé ou les déchets du chantier à la surface. Les convoyeurs toutefois limitent la taille des particules dont ils sont chargés. Nous ne disposons pas, pour l'instant, de concasseurs portables des dimensions qui conviendraient, ayant la capacité des concasseurs habituellement utilisés sous terre dans le Bouclier canadien pour traiter les minéraux et la roche encaissante. Une chaîne de convoyage peut rapidement retirer les matériaux de la chambre. La même chaîne, si les déchets rocheux sont suffisamment broyés, peut être modifiée de manière à se déverser dans les chambres. Pour concrétiser ce concept, des convoyeurs en circuit fermé existent, mais aucun n'a la légèreté ni la petitesse, c'est-à-dire la mobilité, voulues, ni la capacité de broyer entre 35 000 et 40 000 livres de roche au pouce carré. À cet égard, la technologie semble incapable de répondre à la demande, bien que l'USBM mène actuellement un tel projet qui, avec l'aide du CANMET, est à l'essai à l'INCO. En fait, la technologie du concassage doit être entièrement repensée: peut-être la solution réside-t-elle dans l'emploi d'une autre forme d'énergie.

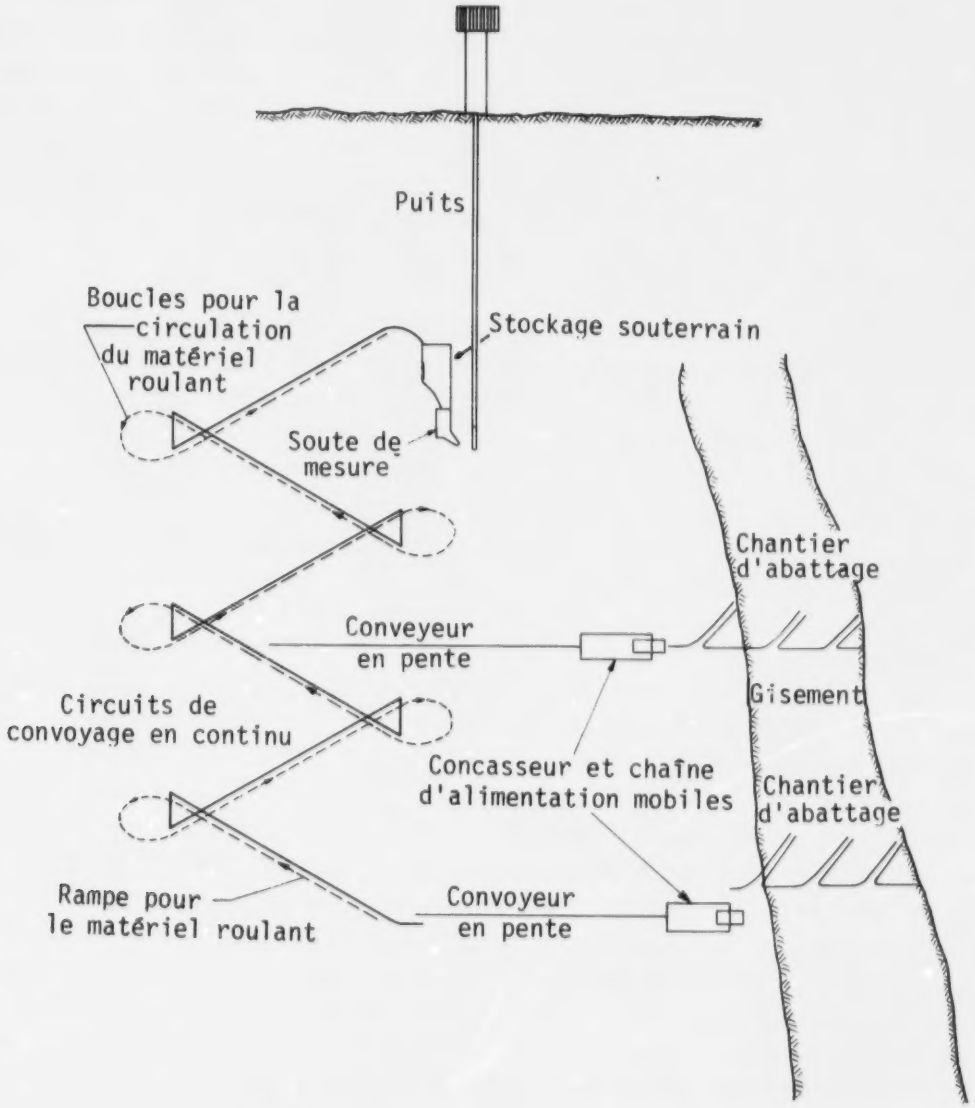


Diagramme illustrant l'emplacement d'un concasseur mobile et d'un convoyeur souterrain pour le transport intermédiaire, dans une mine d'abattage en roche dure.

L'industrie de la fabrication s'est trouvée une alliée puissante dans la conception assistée par ordinateur, qui peu à peu devient à la portée même des petites entreprises. Plusieurs systèmes du genre sont au service de l'exploitation à ciel ouvert, mais il faudra compter encore beaucoup de R et D avant qu'ils atteignent l'abattage souterrain en roche dure. La Kidd Creek Mines, à Timmins, a fait quelques tentatives sur place au début des années 1970. McManus et Walasek (3) ont publié une mise à jour, en novembre 1981, selon laquelle:

"on peut dire que même après huit ans, le graphisme interactif en trois dimensions n'est pas accepté comme un outil courant du génie minier, à la Kidd Creek. La plupart le voient encore comme un instrument de R et D plutôt que comme un moyen viable et efficace de traiter et de transmettre l'information."

Certains programmes d'infographie ont aussi été conçus à l'université Queen's pour les mines souterraines, mais ils sont encore loin de pouvoir servir.

L'élaboration d'un système de planification compatible représente une tâche non seulement de taille mais également coûteuse. Pour être utile et accepté par les ingénieurs, le système doit être conçu de manière à "penser" dans le même ordre d'idées que ce qui se fait à la mine et les résultats doivent être réalistes et pouvoir s'appliquer en situation. Le retard qu'accuse la pénétration de la conception et de la planification assistées par un ordinateur témoigne de la complexité de l'exploitation, accentuée par l'attitude prudente et le respect des traditions qui caractérisent cette industrie. Un plan viable devrait se fonder sur des plans et des coupes géologiques qui formeraient une représentation tridimensionnelle du gisement - non pas des chiffres mais des traits et des dessins dont se servirait l'ingénieur pour planifier la mine. Une fois qu'il a obtenu l'agencement parfait, il s'en remet à l'ordinateur qui se charge du détail et produit des rapports et des plans que l'on pourra ensuite distribuer aux exécutants. On peut s'attendre que cet ambitieux projet, d'apparence pourtant simple, se révélera formidable et coûteux.

Les moyens de communication, dans les mines souterraines d'abattage en roche dure, sont encore insuffisants. Le chef immédiat de l'équipe ne peut toujours pas voir, en règle générale, plus de trois personnes à la fois. La faible concentration de la main-d'oeuvre au chantier rend les sauvetages extrêmement difficiles en situation d'urgence. Le personnel clé travaillant sous terre n'est pas équipé de récepteur de poche. Je crois qu'il existe une seule mine au Canada où l'on utilise les talkie-walkie, moyen primitif s'il en est quand on songe à tout ce dont on dispose à la surface.

Pour remplacer les rapports routiniers que doivent faire les chefs d'équipe à la fin du poste, il serait peut-être avantageux de mettre au point un indicateur d'état de la mine (MSI), différent du système d'analyse et de régularisation de l'environnement mais qui utiliserait la même unité centrale. Le MSI sauverait du temps aux chefs d'équipe qui doivent réunir cette information dont on se sert quotidiennement pour calculer les facteurs de production, le nombre d'employés, la répartition du travail et l'échelonnement de la production. Voici une liste préliminaire des mesures que produirait le MSI, sous forme d'imprimé pour la direction:

- tonnes de minerai traité;
- tonnes de déchets traités;
- tonnes déchargées par les trémies;
- nombre de bennes déchargées durant le poste (en tonnes);
- tonnes de minerai et de déchets transportés à la surface durant le poste;
- état de marche ou d'arrêt de chaque pompe;
- niveau des puits collecteurs;
- répartition du matériel mobile;
- dénombrement des chariots de minerai et de déchets;
- répartition des chariots;
- poids individuel des chariots et lieu de déchargement;
- durée de marche du convoyeur et tonnes livrées;
- niveaux des trémies de fines;
- répartition et emplacement de la main-d'oeuvre;
- niveau de rayonnement par emplacement (s'il y a lieu);
- etc.

Il n'y pas que le Canada qui étudie l'utilisation des systèmes d'analyse de l'environnement dans les mines. Actuellement, les mines de charbon peuvent acquérir des systèmes d'analyse et de régularisation tandis que seuls les systèmes d'analyse sont disponibles pour l'abattage en roche dure. Les détecteurs de méthane et de CO, les lecteurs de température et de vitesse de l'air sont assez au point et ont fait leurs preuves, alors que ceux qui servent à mesurer le CO_2, le NO, le NO_2, le SO_2 et les particules en suspension, bien que conçus, n'ont pas encore été évalués.

La Kidd Creek Mines a fait l'essai, dans une de ses galeries, d'un système de surveillance de l'aérage, mis au point par Rantech Electronics (4). D'une utilité certaine, il garantit un milieu de travail efficace et productif. Disposant de données sur les besoin d'aération durant les week-ends, de sorte qu'il lui est possible de régler le débit d'air par commande manuelle, la mine a pu réduire sensiblement sa facture de chauffage. Le rapport (5) signale que l'Outokumpu Oy aurait développé et installé un système d'analyse et de régularisation qui, allié à un microprocesseur, contrôle les entrées d'air, les ventilateurs, les régulateurs, etc. Résultat: une baisse de 25% du besoin de renouvellement d'air et de 45% de la facture de chauffage. Un tel système, appliqué à l'ensemble de la mine: voilà où devraient porter les efforts de la haute technologie, surtout dans les régions où les hivers sont particulièrement froids. La mine souterraine d'uranium, ne l'oublions pas, aurait aussi besoin d'un système qui analyse les niveaux de rayonnement et les minimise.

Balances, jumbos électrohydrauliques et machines de forage montant automatisés et informatisés sont soit en construction soit à l'essai.

Dans ce rapport, j'ai tenté de cerner certains domaines qui conviendraient à l'application de la haute technologie et de la technologie avancée dans l'abattage souterrain, en roche dure.

Renvois

1. ALMGREN, G. et KLIPPMARK, K., "Economic Aspect on Hole Deviation in Sublevel Stoping"; Design and Operation of Caving and Sublevel Stoping Mines; 1981; ed. Stewart D.R.

2. MITCHELL, S.T., "Vertical Crater Retreat Stoping as Applied at the Home Stope Mine"; Design and Operation of Caving and Sublevel Stoping Mines; 1981; ed. Stewart D.R.

3. McMANUS, J. et WALASEK, S., "Kidd Creek Graphics - An Update"; rapport interne de la société; nov. 1981.

4. BORDIN, D.A., "Ventilation Monitor System Ensures Clean, Safe Workplace"; Canadian Mining Journal; août 1983.

5. "Underground Ventilation System Saves Energy"; World Mining; juin 1981.

6. LA ROBOTIQUE: SOURCE D'AVENIR POUR LA MINE

Henk Van Deudekom
et
Innes P. Grantmyre

Vadeko International,
Mississauga (Ontario)

Établie il y a deux ans et demi, Vadeko s'est toujours intéressée à l'industrie minière. Il lui aura cependant fallu attendre d'avoir le pied plus sûr avant de se lancer.

Vers le début de l'année, il était temps de passer à l'action; c'est alors que nous avons eu le bonheur de susciter l'intérêt d'une personne qui, depuis quelque douze ans, s'occupe de la conception de matériel minier au Joy's Advanced Development Centre, à Cambridge (Ontario), notamment M. Innes P. Grantmyre.

C'est lui qui nous a aidé à monter la stratégie dont je vais vous entretenir. Cependant, malgré sa présence à Vadeko, parler d'ingénierie et de l'industrie minière qui, tout en étant fascinants, demeurent pour Vadeko des domaines encore nouveaux, me met quelque peu mal à l'aise.

Je vous demanderai donc d'être indulgent à mon égard. Le personnel des sociétés minières avec lequel nous nous sommes entretenus nous a vraiment fait bon accueil. Armé d'une grande patience, il nous a fait visiter les propriétés et nous a expliqué la méthode d'exploitation. Mes observations reposent donc sur la tournée d'une demi-douzaine de mines souterraines et sur des entretiens avec les nombreuses personnes que j'y ai rencontrées.

Bien qu'impressionné par les dimensions du matériel et l'étendue des opérations, je n'ai pu m'empêcher de remarquer, comme bien de ces gens, qu'il existait de nombreuses possibilités d'améliorer la productivité au moyen de la technologie que Vadeko connaît si bien et dans laquelle elle excelle.

Vous vous demandez sans doute ce qu'est Vadeko et ce qu'elle fait.

Tout date du 1er février 1981, lorsque Vadeko a vu le jour pour commercialiser la technologie conçue pour le bras manipulateur de la navette spatiale, contribution canadienne au programme des États-Unis. Les directeurs, M. Whitehead et moi-même, travaillions à ce projet depuis des années et lui entrevoyions d'énormes possibilités d'application.

Les principaux objectifs de la société sont donc:

- l'assistance technico-commerciale, qui repose sur la méthodologie; et

- l'étude technique, y compris la R et D, et la fabrication de systèmes électromécaniques qui peuvent remplacer, augmenter ou automatiser le travail humain. Dans un sens très général, cela comprend le domaine de l'automatisation et de la robotique industrielles.

Nous sommes en train d'établir une présence dans quatre secteurs industriels, notamment le nucléaire, le secteur manufacturier, les mines et la marine, et nous pouvons nous vanter de certains succès, quoique modestes, dans quelques-uns d'entre eux.

En deux ans et demi, nous avons réuni une équipe extrêmement compétente d'ingénieurs, de concepteurs et de techniciens dont les talents multiples nous permettent d'exécuter nous-même, sans faire appel à l'extérieur, toutes les étapes des projets que nous entreprenons, de l'énoncé du principe à sa réalisation matérielle.

À l'examen du secteur minier, nous cherchons tout naturellement des analogies avec des procédés connus, en l'occurence ceux du secteur de la fabrication.

Le réveil fut dur pour le Canada, comme pour bien d'autres pays de l'Occident, lorsqu'il s'est rendu compte que le Japon occupait la première place comme fabricant, rang acquis par dur labeur et une application très judicieuse de technologies importées, notamment des États-Unis.

Le secret du Japon réside dans l'utilisation innovatrice de l'automatisation, tant partielle que totale, pour produire des biens de consommation de qualité supérieure, à un coût concurrentiel.

En réponse à cette menace, l'industrie nord-américaine a procédé à une réindustrialisation massive d'importants secteurs, par exemple celui de l'automobile, en amorçant l'automatisation.

Le grand malaise qui s'est fait sentir durant les quatre à cinq dernières années s'est accompagné d'une demande beaucoup plus faible de métaux communs. Les stratégies des pays en voie de développement bien nantis en ressources ont fait naître des anomalies de marché qui ont gravement atteint l'industrie minière canadienne.

La réaction des sociétés plus progressistes a été de chercher des moyens de rendre nos mines plus productives, objectif dont la réalisation dépendra énormément de l'automatisation.

L'industrie minière, qui aborbe énormément de capital, affiche un délai de démarrage - pour passer à l'exploitation d'un gisement - de huit à dix ans. Forcément, le rythme d'introduction de nouvelles techniques est assez lent et laborieux, d'où le manque d'initiative dont est quelquefois accusée l'industrie.

La nature d'un gisement particulier a une nette influence sur les méthodes employées pour en extraire le minerai. Ainsi, on a le choix de l'exploitation à ciel ouvert ou de l'extraction souterraine par remblayage, ou encore l'excavation, etc.

Par ailleurs, la société minière doit tenir compte de certains éléments sociaux, comme la sécurité du personnel, la minimisation de la pollution, la qualité du travail, les lois concernant le salaire minimum, et j'en passe.

Ces facteurs sous-entendent tous des contraintes qui réduisent la rentabilité de l'exploitation. Soit dit en passant, ceci n'a pas de secret pour l'ingénieur technico-commercial qui a l'habitude d'intégrer les "contraintes environnementales" dans la solution d'un problème.

Mes observations sur les possibilités d'application de l'automatisation, particulièrement de la robotique, dans le secteur minier sont forcément limitées à la phase de production du cycle.

Les étapes d'exploration et d'aménagement qui précèdent ont leurs propres impératifs. Je songe plus précisément à la durée des travaux d'aménagement, avant la mise en production, qu'il serait préférable de rabaisser à un minimum. L'emploi imaginatif de la conception assistée par ordinateur pourrait aussi servir à établir une base de données utiles pour optimaliser la production. Tout me porte à croire que ce nouvel outil de la conception pourrait sensiblement diminuer le temps qu'il faut pour mettre une mine en production ce qui, compte tenu des fonds qu'elle absorbe et de la nature volage de l'économie mondiale, mérite un examen plus poussé.

On s'attend à ce qu'une mine demeure productive pendant bien des années et elle doit donc pouvoir résister aux ravages des cycles économiques. Il semblerait donc qu'il faille incorporer au système de production la capacité de réagir de manière efficace aux variations de la demande sans provoquer de perturbations sociales importantes. Une automatisation accrue semblerait être la réponse des installations futures et peut-être même de celles qui existent déjà.

Je me bornerai à parler de l'automatisation des mines actuelles. La progression de la technologie des capteurs et des microprocesseurs et l'application de principes avancés de pilotage se traduiront par des gains marqués de la productivité et du rendement de l'investissement.

Pour être plus précis, définissons ce que Vadeko perçoit comme les besoins, par ordre croissant de complexité:

- une meilleure disponibilité du matériel
- une durée de vie utile plus longue de celui-ci
- et une productivité accrue.

La machinerie dans ce secteur est non seulement chère mais également dispendieuse: par exemple, il en coûte environ un quart de million pour acheter une foreuse de faible hauteur de capacité moyenne et à peu près la moitié de cette somme pour la faire fonctionner chaque année. L'observation sélective des paramètres de fonctionnement et des fonctions de la machine permettra de prédire les besoins d'entretien de certaines pièces et de détecter en temps opportun les troubles de fonctionnement.

Pour ce faire, il faut miser sur les capteurs, microprocesseurs intégrés à la machine dont la mémoire et l'équipement périphérique sont suffisants pour périodiquement cueillir, traiter et analyser les données produites. Si l'on se fie à l'expérience vécue dans d'autres industries, les économies réalisables en passant de l'entretien à intervalles fixes à l'entretien selon les besoins seront importantes. L'adoption d'un tel système fera diminuer les travaux d'entretien, le nombre de pièces à changer, les pièces de rechange à stocker, la main-d'oeuvre qui y est affectée et enfin elle améliorera le calendrier d'entretien. Par surcroît, le temps de disponibilité du matériel s'en trouvera considérablement augmenté.

Si l'on poursuit l'automatisation en ajoutant des mécanismes de pilotage aux capteurs et aux microprocesseurs, on peut passer outre les commandes données par l'opérateur,

lorsqu'il le faut, de sorte que l'équipement ne dépasse pas les limites de son cahier des charges. En effet, les stimulants à la production incitent souvent l'opérateur à forcer la capacité de la machine, ce qui en accroît les besoins d'entretien et en réduit la durée utile. La technologie courante nous permet de mettre fin à cette pratique qui essentiellement nuit à la productivité individuelle comme à celle de l'exploitation.

Enfin, une analyse détaillée des fonctions de l'équipement indiquera les moyens à prendre pour réaliser, grâce à l'automatisation de tâches précises, d'importantes réductions de la main-d'oeuvre. Certains membres de l'industrie minière (et d'autres industries au demeurant) sont d'avis que dans l'exécution de certaines tâches, seul l'homme peut y apporter le jugement de l'intelligence.

Un tel discernement suppose l'interprétation, par le conscient et le subconscient, de phénomènes d'après des observations antérieures de cause à effet. La plupart du temps, s'ils sont bien analysés, les algorythmes peuvent servir à reproduire ce raisonnement.

En fait, la technologie des capteurs a tant progressé, qu'alliés à la capacité de traitement et d'interprétation de l'ordinateur, ces algorythmes permettent à la machine de supplanter l'homme.

L'automatisation s'accompagne de nombreuses améliorations importantes de l'exploitation, entre autres une optimalisation constante du matériel qui maximise la production et un fonctionnement dans les limites du cahier des charges, ce qui en augmente la fiabilité. Bref, l'équipement est constamment utilisé tel que l'a voulu son concepteur, donnant ainsi son meilleur rendement.

Le mot "robot" fait souvent naître l'image du R2 D2 ou de quelque extraterrestre. Pour aujourd'hui, toutefois, nous retiendrons la définition proposée par le Robotics Institute of America, selon lequel

"Le robot est un **manipulateur multifonctionnel reprogrammable** conçu de façon à déplacer **du matériel, des pièces, des outils** ou des dispositifs spécialement conçus pour lui au **moyen** de divers mouvements en modifiant le **programme** de l'ordinateur de façon à lui faire exécuter **diverses** tâches."

Tout à l'heure, j'ai fait allusion à l'automatisation "totale" et "partielle". C'est ainsi que se désigne le degré d'adaptation que permet un système. Pour une société comme Honeywell, par exemple, qui produit des centaines de milliers de thermostats muraux, il est rentable d'utiliser des pièces d'assemblage automatique qui ne se prêtent qu'à la production d'un seul genre de thermostat. L'automatisation est alors "totale". Lorsque le produit est fabriqué en petites quantités, par contre, et mis en marché sous différentes formes, par exemple un téléviseur ou un lave-vaisselle, l'installation doit être plus adaptable, de façon à pouvoir répondre à divers besoins. L'automatisation est alors "partielle".

Dans la même veine, nous établissons une distinction entre la production en lots et la production en continu. Lorsque les quantités à produire le justifient, comme dans l'exemple du thermostat ci-haut, l'automatisation totale est alors conjuguée à un procédé en continu. En revanche, pour la production par petits lots à laquelle doivent pouvoir s'adapter les techniques d'assemblage, les appareils reprogrammables comme les robots offrent d'avantageuses possibilités.

Appliquée selon ce principe à l'exploitation minière, qui utilise un procédé essentiellement continu, la robotique se révèle par définition limitée. Dans les recherches que nous avons menées jusqu'ici, nous avons relevé très peu d'exemples favorables. Toutefois, il faut se rappeler que pour réaliser l'objectif, qui est de répondre aux besoins perçus énumérés plus tôt, les compétences et le savoir faire sur lesquels repose la robotique, c'est-à-dire la technique du pilotage, les commandes sensorielles et la technologie des microprocesseurs, ainsi que la méthode fonctionnelle, sont des ingrédients clés.

Les rencontres avec le personnel minier ont mis en valeur certains obstacles importants, qu'ils soient réels ou imaginaires, à l'introduction de la robotique.

On comprendra facilement que la mise en place d'une nouvelle technologie prend du temps. Dans les mines, le matériel se trouve en milieu hostile et il doit pouvoir résister aux attaques de la poussière, des chocs, des vibrations, des températures extrêmes, de l'humidité, des manipulations dures, etc. Les sociétés répugnent à s'aventurer hors du connu. Comment, alors, faire les preuves de ce matériel? Canmet pourrait-il aider?

Le matériel a besoin d'être entretenu. Or, l'équipe d'entretien d'usines automatisées exigera vraisemblablement des compétences différentes de celles que réunit actuellement le secteur minier, ce qui porte à croire qu'il faudra recycler les travailleurs et que les fournisseurs devront assurer plus de services sur place.

Un autre obstacle, plus imaginaire cette fois, à l'automatisation à grande échelle a déjà été mentionné: l'hésitation à remplacer le jugement de l'intelligence par l'automatisme.

Le progrès est cependant inévitable. Ainsi, l'INCO ouvrira la mine North à titre de mine de recherche. La Falconbridge, la Noranda, la Kidd Creek et l'Inco ont planifié une entreprise commune afin d'exécuter des programmes de recherche et de développement. Un mécanisme visant à financer des projets prometteurs de mise au point de matériel a été créé: je parle du Ontario Centre for Resource Machinery.

Il n'y a pas longtemps, le Canmet a parrainé deux importantes études, l'une menée par Robertson Nickerson, l'autre exécutée en collaboration par la Monenco et MM. Pathak et Muirhead. Si l'on voulait ainsi encourager l'industrie minière canadienne à scruter son avenir, c'est à mon avis tout à fait réussi.

Le plus grand encouragement reste encore, néanmoins, le bilan. Pour certaines sociétés et les collectivités qui en dépendent, l'enjeu est la survie. Aucun secours ne se dessinant à l'horizon pour relancer l'économie, on songe sérieusement aux promesses de la technologie nouvelle. Il ne s'agit plus d'en mousser les avantages; ce sont les besoins mêmes du marché qui en dictent l'adoption.

Voilà une belle occasion pour le Canada de renforcer sa compétitivité sur le marché du matériel minier et de damer le pion aux fournisseurs étrangers. L'automatisation de la machinerie existante crée instantanément un marché d'exportation dans les pays qui utilisent le même matériel.

Pour bien cerner la question, il faut d'abord se concentrer sur le circuit global qui sert à exécuter le procédé d'extraction, en déterminer les grandes exigences, voir comment la nouvelle technologie peut aider à trouver des solutions qui amélioreront la productivité et encourageront la recherche et le développement dans ces domaines.

Pour éviter les bâtons dans les roues, il faut exercer un contrôle à divers niveaux, ce qui introduit la nécessité d'hiérarchiser ce contrôle en fonction de principes se rapprochant de ceux qui sont utilisés pour la gestion de grands organismes. Chaque palier transmet au palier suivant les problèmes qu'il est incapable de résoudre, les décisions qu'il n'est pas autorisé à prendre et, périodiquement, un compte rendu de ses activités.

Le succès de l'automatisation mise sur l'emploi répandu de commandes sensorielles et du traitement, en temps réel, des paramètres mesurés. Pour coordonner les diverses fonctions et harmoniser l'opération, une supervision s'impose.

En conclusion, j'aimerais vous donner des exemples concrets et précis de l'automatisation actuellement en pratique dans le monde et confirmer notre perception des besoins de votre industrie.

Tout d'abord pour améliorer la disponibilité du matériel grâce à l'examen suivi de certains paramètres de rendement:

* La mine San Manuel de la Magma Copper a mis en place dans toute la mine un système d'analyse qui recueille et affiche en temps réel l'état de tous les grands appareils électriques comme les dispositifs de commutation, les redresseurs de courant, les pompes, les ventilateurs et les compresseurs d'air. Le système mesure aussi les débits souterrains d'air et les niveaux de gaz à des fins de prévention et de lutte contre les incendies.

* Le U.S. Bureau of Mines a mis au point un système informatisé d'appareillage afin de surveiller le rendement d'une foreuse de puits intérieur de 24 pieds de diamètre. Deux sous-systèmes qui recueillent des données (l'un situé à la surface et l'autre sur la machine même) mesurent 48 paramètres différents qui donnent l'état d'orientation, de positionnement, de "santé" et de rendement général de la machine. Jusqu'ici, son utilisation s'avère très heureuse, ne présentant que de légers problèmes.

Pour ce qui est de prolonger la durée utile du matériel en surveillant la charge et en réglant les variables de fonctionnement dans les limites du cahier des charges:

* Les systèmes de forage hydraulique ont permis de creuser un nombre exceptionnel de pieds au moyen des mêmes fleurets et aciers pour ciseaux, en partie grâce à des caractéristiques d'information qui optimalisent leur rotation et leur inclinaison lorsque la nature de la roche change.

* De la même façon, une machine de forage montant réglée par ordinateur aurait donné un excellent rendement dans une mine canadienne.

Enfin, comme exemple de productivité accrue au moyen de l'automatisation, citons

* Un système de train automatique comme celui qui a été installé à la mine Kiruna de la LKAB, en Suède.

* Une haveuse en continu Marietta a été automatisée; elle sera utilisée dans une mine de potasse de la Saskatchewan.

* La Phelps Dodge Corporation a automatisé la circulation d'une pelleteuse mécanique à sa mine Tyrone exploitée à ciel ouvert.

Les exemples qui précèdent illustrent l'intégration plus ou moins réussie de la technologie nouvelle. Toutes ces innovations sont à caractère progressiste. La remise sur pied de l'industrie minière canadienne exigera l'application plus répandue de techniques similaires au cours des prochaines années.

7. LE CANMET, AU PASSÉ ET AU FUTUR

M. David Gladwin
directeur adjoint
Bureau du programme de recherche, CANMET

Le CANMET est sensible, depuis plusieurs années déjà, aux possibilités d'application de la robotique, des manipulateurs à distance et de l'automation. Je ne qualifierais pas cet éveil de connaissance pratique ou d'orientation en tant que telle, puisque cette conscience est née des travaux en laboratoire, mais certaines recherches menées dans bien des domaines de l'exploitation minière, de la minéralurgie et de la métallurgie nous ont amenés à constater qu'il y a lieu d'accroître la productivité et la sécurité dans l'industrie, en fait d'y mettre en place une technologie plus avancée.

Cette première constatation faite, deux contrats de R et D ont été confiés - on vous en a déjà touché mot ce matin, d'ailleurs - l'un à la Montreal Engineering, pour connaître l'influence qu'a le nouveau matériel sur le génie minier, et l'autre à la Robertson Nickerson pour établir les possibilités d'appliquer la robotique et les systèmes télécommandés à l'industrie minière canadienne. Ces deux études ont joué un rôle capital dans l'énoncé d'une stratégie, d'un programme si vous préférez, d'examen de la question, au CANMET.

Soit dit en passant, ces deux études ont un succès formidable, suscitant un vif intérêt dans le secteur privé et les organismes gouvernementaux, au Canada comme à l'étranger. J'aimerais pouvoir croire que l'industrie accorde autant d'attention que nous à leurs conclusions et à leurs recommandations.

Une de ces conclusions, et je tiens à vous le rappeler, c'est que la robotisation de l'exploitation minière, de la minéralurgie et de la métallurgie, de toute l'industrie en fait, ne se fait pas tout d'un coup. Il n'est pas

nécessaire de songer à la robotique comme telle. Nul besoin de considérer cette technologie comme un changement radical des matériels ou des techniques, de penser que nous passerons du jour au lendemain de l'actuel procédé cyclique de perforation, de tir, de marinage, de transport, de levage, de concassage, de broyage, etc. à un cycle unifié, de sorte qu'un seul robot installé dans la mine peut tout faire.

En fait, une des principales conclusions est que cette application se fait par cheminement graduel, et qu'elle procède naturellement de la commande manuelle - là où il y a intervention humaine, facilitée peut-être par certaines machines de base.

On peut déjà en relever la présence dans l'exploitation minière, par exemple les marteaux perforateurs sur béquille et autres machines du genre qui représentent une première étape de mécanisation, se compliquant et se perfectionnant progressivement de façon à accroître la capacité d'effort de l'opérateur qui doit, néanmoins, faire fonctionner la machine, la piloter. Essentiellement, le rapport d'un homme à une machine, ou de plus d'un homme à une machine, est le même. Il en existe de nombreux autres exemples, notamment le matériel de forage de faible hauteur, les chariots de forage, les bennes fonctionnant en découvert, les installations de broyage, et j'en passe.

À l'étape suivante de l'automation, il est question de libérer l'homme de la machine, de mettre de la distance entre les deux, c'est-à-dire d'adopter les commandes à distance. Peut-être l'opérateur pourra-t-il ainsi piloter plus d'une machine à la fois. Ici aussi, on parle d'une productivité en passe d'augmenter. Mais cette productivité demeure tributaire des compétences d'un seul homme, pour surveiller et régler toutes les fonctions de la machine. Dans la mine, ce type de manipulation est représenté par les chaînes de godets télécommandées, certaines machines de forage montant, et à la recette, par la régulation centrale. Nous assistons vraiment, je crois, à son adoption.

À l'étape suivante de la robotisation, nous arrivons aux systèmes d'analyse de pilotage, à la capacité de mesurer, automatiquement et systématiquement, les paramètres d'exploitation au chantier. Graduellement, la simple capacité de mesurer se transformera en capacité de réagir à ces mesures. Nous voilà plongés dans l'automatisation, soit dans le pilotage automatique des travaux alliant la capacité d'analyse à la capacité de faire fonctionner le matériel au moyen du pilotage et des commandes à distance, ce qui mène inévitablement à la robotique, ou à une certaine utilisation de matériel programmable ou peut-être piloté par ordinateur pour nous remplacer à l'ouvrage.

Une fois ces études digérées, il devenait essentiel de faire un auto-examen et de jeter un regard vers l'extérieur afin de faire le point sur l'industrie, d'y repérer la capacité technologique et de situer CANMET dans ce domaine. Or, CANMET a été prié, fort à propos, de faire à ce moment une analyse interne de tous ses travaux et de sa mission dans le domaine des minéraux, y compris de la technologie d'exploitation. Ce faisant, et pour réaffirmer son mandat, le Centre a dû effectuer une série d'études récapitulatives de la technologie et de toutes les composantes de l'industrie minérale - l'extraction, la minéralurgie et les métaux.

La chance nous a souri, en ce sens que nous avons pu greffer à cette revue générale un examen des possibilités d'application de la robotique. Grâce à cette étude, notre programme visant à appliquer la technologie avancée dans l'exploitation minière est à mon avis mieux planifié et prévoit des délais plus brefs que si la recherche s'était effectuée de la manière habituelle, c'est-à-dire selon les impératifs.

À partir de ce processus, nous avons pu évaluer le niveau général de robotisation de l'industrie et nous servir de ces évaluations pour mettre sur pied un programme permanent de recherche. En règle générale, autant l'industrie peut faire une utilisation très poussée de la robotique, autant celle-ci peut en être absente. Dans

certains segments, par exemple, l'exploitation s'effectue surtout par commandes manuelles - j'ai déjà mentionné le purgeage, les marteaux perforateurs sur béquille, que sais-je encore... Une grande partie de notre production minérale actuelle est toujours pilotée manuellement. Cependant, presque à chaque étape d'exploitation, dans presque toutes les mines, on pourra en général constater une application assez poussée de la mécanisation, mais une application bornée à certains éléments du procédé.

Durant les dix dernières années, plus ou moins, on a beaucoup parlé de l'abattage mécanisé, qui réfère essentiellement à l'adoption d'équipement Diesel. Je crois que c'est maintenant chose faite, et nous en avons tiré des gains de productivité. Il faut songer à aller plus loin, à commander l'abattage à distance. Nous en sommes à un point, dans la mine souterraine, où la télécommande gagne du terrain. Songeons aux chaînes de godets, au matériel de forage montant, qui peuvent être commandés à distance du sondage.

Nous affichons aussi des capacités générales d'analyse automatisée, pierre angulaire du pilotage. Ces systèmes d'analyse existent pour la plupart. Nous avons la capacité de calcul, de logiciel. Reste à trouver les capteurs et leurs utilisations. Nous nous y appliquons. Nous touchons au but.

L'automatisation complète approche à grands pas. Elle connaît très peu d'utilisations dans la mine, pour l'instant, mais elle est très répandue dans les installations minéralurgiques, dans les fonderies et autres installations du genre. Voilà qui devrait nous indiquer la voie que doit suivre ou ouvrir l'industrie.

Actuellement, ce que nous pourrions qualifier de robots est très peu utilisé en exploitation minière - le niveau le plus élevé. Je crois qu'il reste encore beaucoup de pain sur la planche, que cette entreprise est de la P et D à long terme.

Voilà certaines conclusions de notre revue interne. Pour y donner suite et misant largement sur nos relations dans le secteur privé, nous avons établi un ordre de priorité des besoins précis de l'industrie et nous avons mis sur pied un programme tout aussi précis de R et D pour y répondre. L'exécution du programme actuel est en grande partie confiée à des contractuels. Le CANMET ne possède pas les ressources nécessaires pour se lancer seul dans une initiative de cette envergure, pas plus qu'il ne voudrait le faire, d'ailleurs. Il préfère s'en remettre à l'industrie et à la très grande part de son matériel qui fait appel à la technologie. La plupart des contrats de R et D qui composent ce programme d'orientation vers la robotique ont été adjugés à la suite de projets présentés par l'industrie et des groupes de recherche, de leur propre initiative. La majorité de ces projets ont bénéficié d'un généreux appui industriel. Ceux que nous avons acceptés et dont nous avons assumé l'exécution, nous-même ou à forfait, ont été jugés complémentaires à notre programme et ont dû satisfaire aux directives du Conseil du Trésor. Cette dernière exigence est naturellement primordiale.

Le programme actuel, mélange de travaux internes et externes, comporte quatre grands volets:

1) Tout d'abord, l'évaluation constante et permanente des besoins industriels et des possibilités d'application de la robotique. Ce programme est de nature évolutive, c'est-à-dire qu'il n'est pas fixe. Nous prévoyons qu'il continuera de croître au même rythme que la capacité d'exploitation de la robotique. Pour l'instant, il existe deux contrats dont l'exécution nous aidera à élaborer le programme.

Le premier, passé avec la Canadian Mine Services, est un prolongement de l'étude Monenco. Les experts se rendent sur place, dans la mine, pour y rencontrer le personnel. Ils ont probablement interviewé un bon nombre d'entre vous. Ils veulent savoir comment l'exploitant et l'opérateur voient les nouvelles applications de la haute technologie et apprendre

comment elles pourraient modifier l'exploitation. M. White, leur principal agent de liaison, est ici aujourd'hui. Il se fera un plaisir de discuter de l'étude en cours avec ceux que cela intéresse à la fin de la matinée.

Le second contrat, actuellement en cours d'exécution et qui vise lui aussi à nous aider dans l'élaboration du programme, a été passé avec le département du génie minier de l'université Queen's. Lui aussi porte sur un autre besoin essentiel de toute application possible de la haute technologie en exploitation minière, l'évaluation de l'état courant des régimes d'entretien du matériel. À mesure que le matériel se perfectionne, il faudra pouvoir l'entretenir, dans ce rude milieu de travail. Cette étude est, d'une part, fondamentale dans la manière dont elle procède à l'analyse des régimes en usage et, d'autre part, appliquée puisqu'elle fait l'examen de tous ceux qui sont actuellement en place au Canada.

2) Le deuxième volet du programme vise la réalisation d'une certaine capacité du matériel dans les domaines jugés les plus pressants, surtout au moyen de R et D effectués à l'extérieur. Ces contrats sont le fruit d'initiatives individuelles des sociétés et des groupes et ils bénéficient d'un soutien avancé de l'industrie. J'aimerais vous en décrire cinq très rapidement.

Le premier a été signé avec la Teledyne, qui travaille à élaborer et à construire un prototype de minibarre et marteau hydraulique. De toute évidence, un tel appareil aura, du moins faut-il l'espérer, des retombées immédiates et importantes sur les travaux manuels de purgeage, qui s'effectuent en milieu dangereux.

L'Inco a reçu un contrat afin de mettre au point un prototype de barre et marteau combinés que je qualifie personnellement de robot mais que d'autres préfèrent nommer autrement. Son utilisation première

serait de trouer des tuyères dans un convertisseur de cuivre. L'idée de remplacer l'homme par la machine pour effectuer ce travail fort désagréable et dangereux a été très bien reçue dans les cercles gouvernementaux. On peut s'attendre à ce qu'un tel outil trouve par la suite d'autres utilisations dans les mines et dans les usines.

Le troisième contrat, en fait le troisième et le quatrième, ne vient pas directement du CANMET. Nous y avons contribué de l'aide mais nous avons surtout puisé à des sources plus riches, au CNR et dans le fonds de mise en valeur des ressources. Ces deux contrats portent sur le développement d'une perceuse de tunnels, contrat de Lovatt, et sur celui d'un appareil de montage et de transport (contrat de la Beaver Equipment). Les deux ont directement trait à une accélération du creusement des galeries dans les houillères. Cette première perceuse canadienne est actuellement utilisée à Sydney, en Nouvelle-Écosse.

L'appareil de montage et de transport sert à démonter la perceuse de tunnels et il est encore à espérer qu'on lui trouvera d'autres utilisations dans l'industrie.

Le dernier contrat de mise au point d'une machine en est à la dernière étape de négociation: il mènera à l'élaboration d'un prototype de système et d'enregistrement des paramètres de la foreuse à marteau plongeur. Nous espérons ainsi prouver qu'il est possible de changer le train de sonde automatiquement et de mesurer et de régler les paramètres de la perforation de manière à ne pas dépasser les limites de la machine et à optimaliser le rendement de l'opération.

3) Le troisième volet du programme est la réalisation d'une plus grande capacité de génie minier. Une première tentative en ce sens est un contrat passé avec la Mining Resource Engineering Ltd. de Kingston. M. Pathak vous en a d'ailleurs touché mot.

Cette société a réussi à mettre en œuvre un logiciel de dialogue facilement utilisable qui informatise le chargement des explosifs dans le trou de mine. Ainsi, les planificateurs et les exécutants des travaux de tir pourront-ils accroître la quantité de charges explosées, surtout si l'on tient compte des nombreuses possibilités de perfectionnement de cette opération, dans les trous profonds de l'exploitation rabattante en puits vertical.

4) Le dernier volet, dans lequel nous sommes actuellement engagés au moyen de ressources essentiellement internes, est l'élaboration permanente de systèmes de pilotage des opérations. Ce domaine de recherche est directement lié à la quête soutenue de capteurs pour les systèmes d'analyse. Dans le secteur minier, cette recherche est axée sur des machines d'analyse du milieu qui mesurent les particules de suie s'échappant des moteurs Diesel, les fibres d'amiante, les gaz nocifs présents dans le sous-sol. Voilà longtemps que le CANMET travaille dans le domaine, au moyen de ses ressources internes mais aussi de contrats pour certaines pièces.

Un deuxième accent est mis sur le traitement simulé de minerai et de charbon. De nouveau, il s'agit d'un projet engageant diverses parties - nous espérons avoir dès l'an prochain une usine de démonstration et de préparation des charbons, dans le cadre du programme SPOC.

En guise de conclusion, permettez-moi de préciser que le CANMET est conscient des possibilités d'application de la robotique. Il poursuit activement un programme dans ce domaine; cependant, le programme est en constante évolution. Rien n'est fixe, ni statique. Les réunions comme celles d'aujourd'hui sont très utiles car elles permettent de se tenir au courant de ce qui se passe ailleurs, de déterminer les orientations possibles. C'est avec empressement que nous recueillerons vos réactions, soit à la sortie ou

plus tard, afin de pouvoir mieux encadrer notre programme. Ceux que ce genre de recherche intéresse tout particulièrement sont priés de rencontrer les scientifiques ici présents. Je vous remercie.

8. CONTRÔLE DE PILOTAGE INFORMATISÉ DE L'USINE MINÉRALURGIQUE PAR LE SYSTÈME D'ANALYSE D'IMAGE

M. W. Petruk
Laboratoires des sciences minérales, CANMET

M. Mainwaring m'a demandé de vous parler de la robotique en minéralurgie suite à des échanges que nous avons eus au sujet de l'intégration d'un système d'analyse d'image dans une usine de traitement des minéraux. À la réflexion, M. Laguitton, qui travaille constamment aux simulations informatisées et aux usines minéralurgiques, serait peut-être mieux placé pour représenter CANMET. Je demanderais donc aux personnes que la question intéresse de s'adresser à lui.

Étant donné ma connaissance limitée du traitement des minéraux, je m'en tiendrai au contrôle informatisé par l'analyse d'images. L'idée m'est venue, il y a huit ans environ, lorsqu'un spécialiste de la valorisation des minerais m'a demandé si je croyais possible d'utiliser cette méthode pour classifier les minéraux d'après leur granulométrie, sur une courroie d'alimentation en minerai du circuit d'usine. Selon lui, il devait être possible, si le grain était jugé désirable et s'il était libre, de le rendre acceptable en le dirigeant vers un concentré au moyen d'un jet d'air. Comparativement à il y a huit ans, ce projet est beaucoup plus réalisable, mais nous sommes encore loin de pouvoir le concrétiser.

Par contre, le contrôle informatisé est courant en minéralurgie, et le jour n'est pas très loin lorsqu'il sera une nécessité dans les concentrateurs. Il éliminera en effet les variations que l'on retrouve dans les usines à commande manuelle, de sorte que nous obtiendrons des taux de récupération plus élevés pour des qualités de concentré plus ou moins constantes. L'examen fluoroscopique au rayon X est utilisé depuis de nombreuses années déjà, et il fait maintenant partie de l'équipement normal, dans la plupart des usines; l'équilibrage des matériaux au moyen du programme MATBAL mis au point par M. Laguitton et utilisant un PDP 11 ou un autre ordinateur du genre est maintenant chose courante; le pilotage par ordinateur

du circuit de broyage est souvent mentionné dans la documentation; certaines usines pilotent déjà la flottation par ordinateur.

Ces ordinateurs servent à régulariser le déroulement de certaines tâches comme l'addition de réactifs; l'ouverture et la fermeture de soupapes servant à régler le débit d'air, d'eau ou des bouillies; le démarrage et l'arrêt des pompes, le ralentissement ou l'accélération des rotors. Parmi les mesures effectuées pour donner les commandes, on trouve l'examen fluoroscopique, en direct, au rayon X des concentrations, la mesure du taux d'alcalinité, de la densité des boues, le débit, l'analyse granulométrique. La fonction du concentrateur toutefois consiste à concentrer les grains libres, ou presque, de certains minéraux afin d'en relever le taux de récupération. Il serait donc souhaitable de pouvoir repérer ces minéraux et en mesurer la récupération dans des échantillons prélevés en des points stratégiques du circuit. Pour l'instant, nous ne disposons pas des moyens pour effectuer ces mesures de manière courante. Un système d'analyse automatique d'image pourrait cependant nous le permettre et peut-être deviendra-t-il courant.

Le système d'analyse auquel je pense aurait pour capteur un microscope électronique à balayage. Des sections polies de l'échantillon seraient montées sur le porte-échantillon du microscope, et celui-ci produirait une image des grains. Cette image pourrait être transmise à l'analyseur qui délimiterait chaque grain et déterminerait si le grain est libre ou captif. L'analyseur piloterait également le faisceau à rayon X du microscope pour que celui-ci balaie chacun des grains libres et chacune des faces des particules mixtes. Le spectre de chacune des faces serait transmis à un système d'analyse par rayons X de la dispersion d'énergie qui rattacherait le spectre à des éléments et le comparerait aux éléments d'un répertoire minéralogique afin d'en identifier chaque grain. Le résultat de l'identification serait transmis à l'analyseur d'image qui mettrait en correspondance l'identité du grain et les autres paramètres déjà mesurés. On pourrait se donner comme objectif que l'analyse de chaque grain se fasse en au plus deux secondes; ainsi, 1 800 grains environ pourraient être analysés à l'heure et on pourrait obtenir un ensemble de données statistiquement valide

en deux ou trois heures. Le facteur de grossissement serait réglé de manière que le champ d'exploration renferme environ 100 grains. Une fois terminée l'analyse du champ, l'appareillage se déplacerait automatiquement jusqu'au champ suivant. À la fin de chaque analyse, le système produirait un imprimé donnant la teneur en minéraux, le pourcentage de chacun des minéraux, les dimensions des grains, les dimensions des particules mixtes et les dimensions des inclusions présentes dans les particules mixtes. Actuellement, la technique permet une analyse automatique dès la réalisation, par le microscope, de l'image du premier champ.

S'il faut trois heures pour analyser un échantillon, il serait possible d'en analyser huit en 24 heures.

Nous croyons que l'analyse minéralogique automatique en direct faite en jusqu'à quatre points d'une usine et dont les résultats seraient mis en corrélation avec les résultats de l'examen fluoroscopique, qui s'effectue toutes les dix minutes, constituerait un fondement solide pour l'automatisation des usines de traitement des minéraux, étant donné que toute variation du minerai ou des paramètres d'exploitation changera la proportion et les dimensions des grains libres et captifs. Ces changements, qui bien souvent ne peuvent être détectés à l'examen fluoroscopique en direct, modifieraient davantage les paramètres d'exploitation. Cette notion doit encore être mise à l'épreuve, mais nous ne sommes pas les seuls à croire en sa validité. Les chercheurs du Département de génie chimique du CSIRO d'Australie sont parvenus à la même conclusion et tentent activement d'en faire la preuve.

Au CANMET, nous sommes en train de monter le système d'analyse d'image dont je viens de parler, dans le cadre du programme START. Nous nous attendons de pouvoir ainsi fournir des renseignements minéralogiques capitaux et de mettre à l'épreuve le principe de l'analyse minéralogique automatique comme paramètre de pilotage informatisé d'une usine de traitement des minéraux.

L'application de la robotique au système d'analyse projeté semble réalisable. Le système fonctionne déjà automatiquement, une fois l'échantillon chargé dans le microscope. Il reste à trouver un moyen de prélever cet échantillon à l'usine, de le polir et de l'insérer dans le microscope. L'échantillonnage pourrait facilement être confié à un robot, tout comme pour l'examen fluoroscopique en direct. L'échantillon peut alors être séché et mélangé automatiquement à de la résine epoxy afin de sceller les particules. Au CSIRO d'Australie, on a déjà réussi à construire un atelier de polissage automatique. La section est polie en quelques minutes et automatiquement déplacée. Le chargement automatique du microscope devrait donc être possible.

Tout cela pourrait sembler futuriste. Il y a 20 ans seulement, je spéculais au sujet d'un tel système, lors d'une réunion au CANMET. J'ai appris peu après que le CSIRO faisait déjà l'essai d'un prototype et qu'il y a un an, l'ISRD de Paris avait installé un système similaire. Nos laboratoires devraient avoir le leur en février 1984.

L'automatisation de l'analyse minéralogique à l'usine minéralurgique vise à relever les taux de récupération et, par le fait même, à augmenter le potentiel des réserves canadiennes et les bénéfices des exploitants.

9. LE BESOIN D'UNE TECHNOLOGIE NOUVELLE

V.J. Jutronich, directeur
Projets Uranium, Denison Mines

Je fais partie du personnel d'une société minière extrêmement dynamique qui arrive même à se tirer d'affaire dans la présente conjoncture économique. Nous avons entendu aujourd'hui deux personnes nous parler de la concurrence du Japon et je crois qu'il s'agit là d'un phénomène dont nous devons nous inquiéter parce que d'autres pays sont en train de se tailler une part du marché. Je pense par exemple à la Corée, et à la Chine qui n'est pas très loin derrière. Je pense que l'Inde et l'Afrique se joindront un jour au peloton de nos concurrents. Par le passé, c'est la recherche que nous avons consentie qui nous a permis de toujours garder un pas d'avance sur le reste du monde.

Mais la situation est en train de se renverser et je pense que nous en arrivons au point où ces pays vont nous rattraper. Dans certains, les mines sont la seule industrie ou du moins la principale, et ils vont apprendre beaucoup de ce que nous faisons. Ce que j'aimerais souligner, c'est que le présent séminaire, auquel je participe avec plaisir, me semble être la manifestation d'une réorientation de la stratégie du Canada, et même je pourrais dire du continent nord-américain.

Après avoir entendu les conférenciers aujourd'hui, il me reste une crainte, que nous ne communiquions pas suffisamment les uns avec les autres. C'est donc avec joie que j'ai écouté M. Valeri nous indiquer les possibilités de la robotique. Je crois que nous devons nous y intéresser et tenter de les intégrer à nos planifications. C'est aussi avec joie que j'ai écouté les représentants du CANMET nous exposer comment ils tentaient de s'allier à l'industrie. J'estime que le séminaire m'a permis de me tenir au courant de ce qui se passait et même d'apprendre une ou deux choses. J'aimerais néanmoins que le CANMET se penche sur certains autres domaines et qu'il invite des experts du secteur privé à participer à ses travaux.

Messieurs, je vous remercie.

10. ROBOTIQUE ET AUTOMATISATION EN MÉTALLLURGIE PHYSIQUE

M. W.N. Roberts
Laboratoires de recherche en métallurgie physique, CANMET

J'aimerais vous entretenir brièvement des possibilités et des difficultés de robotisation et d'automatisation dans quatre grands secteurs de la métallurgie physique, notamment le moulage, le façonnage, la soudure et le contrôle non destructif des métaux.

Le moulage

Les moulages sous pression et en coquille sont des procédés couramment utilisés pour couler les alliages de zinc, de cuivre et d'aluminium. Les Laboratoires de recherche en métallurgie physique cherchent maintenant à étendre ces techniques au fer et, possiblement, à l'acier. S'ils réussissent, cette recherche pourrait aboutir à la création de nouveaux débouchés pour les robots de transfert. Plus de 7 000 machines du genre sont utilisées dans ces industries au Japon et à peu près le même nombre en Europe. Je n'irai pas plus loin, étant donné que M. Valeri a déjà bien expliqué le sujet.

Le façonnage

L'industrie de l'acier s'intéresse à l'automatisation des procédés métallurgiques comme moyen de contrôler la qualité, de diversifier les lignes de produits et de réduire les prix de revient. L'absence de capteurs capables de suivre le déroulement de bon nombre des procédés, ou peut-être l'ignorance au sujet de ceux qui sont sur le marché et de leur installation, est perçue comme un des principaux obstacles au contrôle informatisé et, par le fait même, à l'automatisation complète. La Canadian Steel Industry Research Association (CSIRA), les Laboratoires de recherche en métallurgie physique du CANMET et le CRSNG ont donc engagé M. Eric Leaver, qui compte vingt-cinq ans à la tête de sa propre entreprise de fabrication d'instruments et comme fournisseur de l'industrie des pâtes et papiers, afin qu'il fasse un relevé des besoins de capteurs des aciéries canadiennes (1).

Cette étude a été suivie de la tenue à Toronto, en mars dernier, d'un atelier visant à mettre en rapport des représentants de l'industrie et des fournisseurs (2). Divisé en plus petits groupes, l'atelier a porté sur la mesure de plusieurs paramètres de base, réalisation essentielle à l'automatisation de l'aciérie.

1) Température
   -Il n'existe pas de capteurs pour maintenir constante la température du bain d'acier, ni pour mesurer la température superficielle et interne des barres, dans les fours d'égalisation, et des brames, dans les fours de réchauffage.
   -La pyrométrie, telle qu'elle est pratiquée dans les établissements canadiens, atteint rarement le niveau de précision permis.

2) Géométrie des formes laminées à chaud
   -La technologie actuelle permet de mesurer les dimensions de ces produits.

3) Géométrie des plats laminés
   -Les capteurs existants ne donnent pas un rendement satisfaisant, au contrôle des formes et des profils. Un temps et une capacité de réaction plus rapides, au contrôle d'épaisseur de la tôle, sont nécessaires.

4) Défauts internes
   -Les défectuosités importantes peuvent être détectées au moyen de méthodes par exemple ultrasonores, mais celles-ci sont habituellement trop grossières pour relever tous les défauts et pour en mesurer l'étendue.

5) Défauts superficiels
   -Les courants de Foucault et l'ultrason n'affichent pas encore le pouvoir séparateur voulu pour dénombrer et catégoriser tous les défauts de taille.

6) Chimie
   -Il faut perfectionner la mesure des interstices. Les détecteurs d'oxygène canadiens sont inférieurs aux modèles européens. L'industrie a besoin de moyens d'analyse en direct du carbone, du soufre et du manganèse.

J'ai cru comprendre qu'un autre atelier réunissant des chercheurs et des utilisateurs se tiendra sous peu, probablement au printemps. Vous pourriez vouloir y assister pour découvrir de nouvelles possibilités d'application de la robotique et de l'automatisation dans l'industrie de l'acier.

Je dois ajouter qu'en dépit de certains manques des capteurs, bien des usines japonaises ont réussi à atteindre un degré d'automatisation bien supérieur à celui de leurs rivales européennes ou nord-américaines.

Ainsi, aux usines Kimitzu de la Nippon Steel, virtuellement toutes les opérations sont pilotées au moyen d'ordinateurs fonctionnant à quatre niveaux hiérarchiques au laminoir à tôles fortes, au laminoir à brames, aux laminoirs à chaud et à froid pour feuillards et au laminoir à profilés et à barres. Au Canada, l'Algoma, la Stelco et la Dofasco ont introduit le pilotage automatisé dans la plupart des ateliers de leurs plus récents laminoirs à chaud pour feuillards.

Les tentatives d'automatisation d'un laminoir expérimental qui sert de banc d'essai, par les Laboratoires du CANMET, méritent une mention (3). Ce laminoir sert à simuler les programmes de laminage industriel; il est unique en son genre au Canada, peut-être même en Amérique du Nord. Le secteur privé aime bien s'en servir pour établir de nouveaux programmes étant donné que tout essai, même uniquement de chauffe de l'acier, dans une usine réelle peut coûter jusqu'à 100 000 $.

Ce laminoir duo expérimental, à cage isolée et à marche réversible, utilise actuellement un micro-ordinateur pour réunir, emmagasiner et afficher les mesures des paramètres suivants:

1) La force du laminoir, établie à partir de la valeur moyenne de deux indicateurs de la force de compression montés sous les vis de positionnement, de chaque côté de la cage.

2) La température, au moyen d'un thermocouple inséré dans l'échantillon.

3) L'écartement des cylindres, à partir d'un potentiomètre couplé aux vis de réglage des cylindres; la mesure est rectifiée de façon à tenir compte de la déviation.

4) La tension et le courant d'alimentation du moteur, à partir desquels on peut calculer l'énergie consommée par le laminoir.

5) La vitesse du laminage, qui donne le taux de déformation.

6) Le temps de démarrage de chaque passe.

On espère à l'avenir pouvoir utiliser le micro-ordinateur en direct pour pouvoir prédire les réglages optimaux qui permettront de réaliser une passe donnée d'après des calculs établis au moyen de données obtenues durant les passes précédentes, de façon à obtenir un produit de la forme et des propriétés mécaniques requises en consommant le moins d'énergie possible.

La soudure

Cette branche de l'industrie a connu l'introduction de véritables robots, particulièrement pour la construction automobile. Une nouvelle usine de la Nissan, installée au Tennessee, comptera 270 robots, dont 60 seront affectés à la soudure en atmosphère inerte, avec électrode fusible, 60 autres à la soudure par résistance (par points) et le reste à la chaîne de montage et à la peinture au pistolet (4). Les firmes Hitachi et General Electric comptent parmi les grands fabricants de ces robots.

Jusqu'à tout récemment, l'intérêt marqué aux robots était beaucoup plus vif au Japon et en Europe que sur le continent nord-américain. Selon certaines prévisions, les États-Unis ne pourront prétendre égaler le Japon en robotique avancée avant 1990.

Dans les installations de soudure à grande échelle, l'application des robots n'est pas tellement évidente. Une machine expérimentale de soudage avec faible écartement des bords

a été installée, il n'y a pas longtemps, dans nos laboratoires. Elle peut souder des bords très épais soit à l'arc sous flux électroconducteur soit en atmosphère inerte avec électrode fusible, qui prévient l'oxydation. Il y a automatisation en ce sens que la machine parcourra les pièces à souder d'un seul coup, sans autre intervention de l'opérateur; il faut cependant la reprogrammer après chaque passe. La firme suédoise ESAB fabrique d'énormes machines à colonnes et à piliers qui peuvent souder des pièces de grande dimension, par exemple, des autoclaves. Ces machines répètent l'opération de soudure le long d'un trajet prédéterminé sans reprogrammation.

Le contrôle non destructif

Les Laboratoires de recherche en métallurgie physique ont construit un prototype de diffractomètre portatif à rayons X pour déceler les tensions internes de structures métalliques, sur le terrain. Je soupçonne que la robotique pourrait être fort utile ici. Actuellement, la tête de l'instrument est montée sur une chape à axe rotatif qui peut facilement s'adapter à des structures linéaires, par exemple aux tuyaux d'une canalisation de transport. Attachée à un bras manipulateur, la tête pourrait être positionnée beaucoup plus facilement lorsque les ouvrages ont une forme irrégulière.

Autre utilisation possible de la robotique dans ce domaine, on pourrait caler un appareillage d'examen à l'ultrason selon l'ouvrage à examiner.

Ces quelques exemples d'application en métallurgie physique vous suggéreront peut-être d'autres idées.

Renvois

1) LEAVER, Eric W., "Product Quality Sensors: State-of-the-Art Study", Canadian Steel Industry Research Association, 30 juin 1982.

2) LEAVER, Eric W., "Report on Steel Industry/Supplier Workshops, March 8-9, 1982, Toronto, Ontario", parrainés par CSIRA/CANMET/CNRSGC.

3) RUDDLE, G.E., MILLIKEN, K.S., SMELSKY, G. et CRAWLEY, A.F., "A Pilot-Scale Rolling Mill for Process and Material Development", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 22, n° 2, pp. 271-278, 1983.

4) DWYER, John R., "Robotics in Welding", délibérations de la Conférence internationale sur la technologie de la soudure appliquée à l'énergie, Gatinburg, Tennessee, 16-19 mai 1982, pp. 301-312.

11. ROBOTISATION DES BARRES ET DES MARTEAUX DANS UNE FONDERIE DE CUIVRE

Don Saville, superviseur des travaux de génie, Broyage, fusion et affinage, Division de l'Ontario, Inco

Je pense être le seul ici qui travaille sous contrat à construire quelque chose n'ayant pas trait à la vision artificielle. J'aimerais tout d'abord préciser que je suis heureux d'apprendre que M. Petruk et que quelques autres conférenciers ont travaillé sous terre et en surface. Car on a souvent tendance à croire que l'industrie minière s'occupe de l'extraction des minéraux mais on oublie qu'elle couvre aussi, dans son sens large, la métallurgie.

On m'a présenté comme travaillant dans le domaine du broyage, de la fonderie et du raffinage. Dans notre cas, à l'INCO, nous fabriquons deux gammes de produits, à base de nickel et de cuivre. Ces métaux ne s'offrent pas spontanément sous cette forme, malgré tout le travail acharné des mineurs. Ils se présentent sous la forme de minerai contenant au moins 27 autres éléments que nous devons extraire, dont nous devons nous débarrasser d'une manière ou d'une autre. Certains sont extrêmement dangereux pour la santé. Et c'est de ce point de vue, qui contraste peut-être vivement avec celui de la fabrication et de la productivité, que l'utilisation de robots automatisés peut être intéressante pour nous.

Car dans notre secteur particulier, les possibilités d'améliorer la productivité sont inexistantes. Je suppose que ce ne serait pas le cas si nous avions une mine d'or, mais nous n'avons pas justement de mine d'or, bien que l'or soit l'un de nos sous-produits. Il nous est impossible de fabriquer davantage de nickel, et nous n'avons donc pas la possibilité d'abaisser nos coûts de production unitaire, parce que nous n'arrivons pas à le vendre, même si l'INCO est la plus grande productrice de nickel au monde. Le marché est déprimé en ce moment, et je pense qu'il le restera pendant un certain nombre d'années encore. La conjoncture est la même pour le cuivre.

Pour ce qui est du projet comme tel, il y avait au départ un millier, peut-être, d'utilisations possibles de la robotique dans nos installations de surface, où je travaille. Grâce à un processus d'élimination comptant seize étapes et critères, nous en sommes, avec le CANMET, arrivés à un projet, celui des marteaux et des barres. Ou des barres et des marteaux, comme le voulez. On m'a d'ailleurs souvent demandé pourquoi un tel nom. Tout le crédit en revient au CANMET; j'avais un autre nom, mais il a été décidé de ne pas en tenir compte.

Mais le nom n'est pas si mal choisi tout compte fait. Car croyez-moi, dans notre industrie, et je pense qu'il en est de même dans les industries connexes et dans les industries minières en général, la tâche physique la plus commune consiste à se servir de barres et de marteaux.

À titre d'illustration, je dirai tout simplement que l'un de nos cinq grands centres d'entreposage a acheté et fourni aux employés en 1980 dix mille marteaux de diverses tailles. Il n'y a que onze mille employés qui y travaillent. Sauf moi, je pense que tout le monde a eu son marteau. Et ce genre de situation est extrêmement courant. Nous avons donc recherché, sans en être trop certains, une éventuelle solution par l'emploi d'une forme ou d'une autre de l'automatisation, et peut-être de la robotique.

Après avoir fait le survol des utilisations des barres et des marteaux dans notre société, nous avons restreint notre champ d'étude pour un certain nombre de raisons. Le domaine précis choisi est celui du convertisseur, où un homme doit pousser une barre dans une tuyère d'ouverture étroite, par l'arrière du convertisseur, dans le métal en fusion, du métal en fusion à haute température. La plupart du temps, l'employé doit se servir d'un petit marteau pour introduire la barre et parfois, pour la retirer. L'une des raisons pour laquelle nous avons choisi ce poste de travail précis est le milieu de travail même. Nous étions loin du poste de travail idéal à automatiser mais nous pensions qu'en réussissant là, nous pourrions par la suite réussir pour tout poste de travail, même sous terre. Le poste de travail choisi est chaud, empoussiéré, envahi par un gaz et parfois par divers gaz; il est froid l'hiver, le niveau de bruit

ambiant est extrêmement élevé, et les employés qui y travaillent sont habillés comme des cosmonautes. Ils portent des tabliers de protection en cuir, des gants spéciaux, des appareils antibruit, des casques de sécurité spéciaux, des lunettes de sécurité spéciales, etc.

Malgré tous les risques qu'un tel travail pose à la santé, et c'est là un point de vue qui n'a été que très légèrement abordé ce matin, lorsque nous avons fait connaître aux travailleurs que nous allions mettre au point et à l'essai un dispositif qui permettrait de les remplacer dans ce travail périlleux, ils n'étaient pas contents du tout. Du jour au lendemain, ils ont dit que ce travail leur convenait très bien, qu'il n'était pas aussi difficile qu'ils le prétendaient la semaine d'avant ou que le syndicat l'avait prétendu dans la négociation des trois conventions précédentes. Voilà le problème fondamental que soulèvera la robotique dans notre industrie et, j'en suis convaincu, dans toute l'industrie. En d'autres termes, que ferons-nous des personnes que la robotique aura déplacées?

PÉRIODE DE QUESTIONS

12. PÉRIODE DE QUESTIONS

André Potworowski
J'invite maintenant tous les participants à poser des questions mais auparavant je profiterai de la présidence qui m'a été dévolue pour poser la première à chacun des panélistes. Compte tenu du brillant exposé de Vince Valeri sur la place actuelle de la robotique dans le secteur de la fabrication et compte tenu de la vision de la mine de demain que nous a présentée Jay Pathak, quelle est, pensez-vous, la priorité la plus grande à laquelle nous devrions accorder notre attention? M. Gladwin, voudriez-vous répondre le premier?

David Gladwin
Eh bien, très brièvement, je pense que la priorité actuelle est de réaliser un meilleur équilibre des utilisations de la nouvelle technologie dans les divers secteurs de l'industrie et dans les divers domaines de l'exploitation minière. Il semble incroyable d'avoir recours d'une part à du matériel minier télécommandé, extrêmement perfectionné, et que d'autre part nous ayons à purger et à consolider les toits de galerie à la main.

Don Saville, INCO
Je pense que M. Gladwin a bien cerné la situation. J'entrevois des difficultés dans la transposition au milieu minier des compétences manufacturières des robots de transfert et des robots de soudage, car ce dont nous semblons avoir besoin à l'heure actuelle, c'est de robots spéciaux qui n'auront à exécuter qu'une seule opération et qui, peut-être, ne sont capables d'exécuter qu'une seule opération.

Mais j'imagine le jour où notre industrie ne se contentera pas d'étudier une tâche précise faisant partie d'une vaste exploitation, très lourde, faisant intervenir six installations distinctes. Ce qu'il faudra, c'est étudier comment automatiser entièrement l'une de ces usines et comment, pour ce faire, on pourrait utiliser des robots et des manipulateurs télécommandés. J'aimerais à ce point-ci remercier M. Potworowski, le CANMET et son personnel. Sans l'aide du CANMET, non seulement de nature financière mais aussi technique, l'INCO ne participerait pas à ce

projet de robotique. Car, comme l'ensemble de l'industrie minière, exception faite des mines d'uranium, nous ne possédons pas de bien grandes ressources financières par les temps qui courent et n'aurions probablement pas, seuls, disposé du capital de risque pour nous lancer dans ce projet.

Le coup de main du CANMET nous a donc permis de commencer avec ce qui sera peut-être un seul robot, mais j'espère que ce projet se traduira par des projets d'automatisation au niveau d'une usine et que cela ira peut-être même plus loin.

Vic Jutronich, Denison Mines
Après avoir écouté les conférenciers d'aujourd'hui dont certains ont un intérêt direct au développement actuel de la robotique, j'en suis venu à penser que très souvent les problèmes qu'ils vivent se rattachent à leur propre situation. Je pense aussi que c'est la façon dont nous percevons nos problèmes qui les rend si compliqués, et qu'il nous faudrait les appréhender d'un point de vue nouveau, simplifié.

Pour ce qui est des mines par exemple, je pense qu'une bonne partie de l'expérience acquise par Westinghouse pourrait être transposée à l'exploitation minière souterraine. Le séminaire d'aujourd'hui m'a donné quelques idées sur la façon de le faire à Elliot Lake et, de retour dans mon milieu, je verrai s'il est possible de les mettre en oeuvre à la mine. Mais ce sont les gens de la mine qui auront à commencer de réfléchir sur les possibilités qu'offre la robotique.

Quant à moi, je suis convaincu que nous aurons tous à évoluer. Nous pourrions par exemple nous pencher sur les différentes opérations menées sous terre dans la mine même, puis rassembler le tout pour obtenir une vue d'ensemble.

Vince Valeri, Westinghouse/Unimation
Bien souvent, les clients nous demandent de nous rendre à leurs usines et de leur indiquer où ils pourraient utiliser ces merveilleux robots dont ils ont entendu parler. Lorsque nous recevons une telle invitation, notre attitude est de demander au client de se débarrasser de son obsession de la robotique. Car, après tout, les robots ne sont qu'un outil comme tout autre

outil. L'objectif du client ne doit pas être d'utiliser des robots mais bien de mettre au point les procédés dont il a besoin. Ensuite, il sera toujours temps de voir s'il est possible de mettre en oeuvre le procédé au moyen d'un quelconque manipulateur, qui pourrait être un robot mais qui pourrait aussi ne pas être un robot.

Je pense que les séminaires comme celui de ce matin ne devraient pas être axés sur la robotique, mais plutôt sur la productivité, sur l'automatisation et sur les nouvelles façons de penser qui aident à atteindre les objectifs qu'on se fixe. M. Pathak disait tantôt qu'il lui fallait des concasseurs pour que sa vision de la mine d'uranium de demain devienne réalité. On pourrait dans ce cas se demander comment il est possible de concasser ces roches à l'aide de robots, quel procédé doit-on utiliser? Ce qui serait, à mon avis, mettre la charrue devant les boeufs. Il faudrait au contraire cesser même de penser "concassage" et songerplutôt à la désintégration des roches, par exemple, ce qui inciterait à prendre en compte tous les procédés techniques possibles, découpage à la flamme oxygénique et laser inclus, plutôt qu'uniquement aux procédés mécaniques. Ce faisant, on met l'accent non plus sur un simple petit manipulateur appelé robot mais sur le procédé même et sur les moyens d'atteindre ses objectifs. Au risque de me répéter, et bien que cela puisse sembler paradoxal de la part d'un vendeur de robots, je vous dis: cessez de vouloir à tout prix la robotique et commencez à penser en termes d'automatisation et de nouveaux procédés.

Art Hunter, Conseil national de recherches
Je possède une certaine expérience en robotique et j'aimerais faire une courte observation avant de poser ma question. Ma compréhension de la robotique est peut-être un peu plus étroite que ce qui a été dit pendant la majeure partie de la matinée. La différence que j'aimerais souligner est celle qui existe entre la mécanisation et la possibilité qu'a le robot de répondre automatiquement à l'évolution d'une situation non linéaire. Bien sûr, lorsqu'on tente d'imaginer ce que le robot devrait pouvoir faire aux termes de cette définition, on songe immédiatement aux capteurs. J'ai eu plaisir d'entendre le docteur Roberts parler

du problème, ainsi bien sûr que Dave Gladwin et quelques autres conférenciers. Ce que je veux souligner, c'est que, du moins à mon avis, le perfectionnement des capteurs est la clé du perfectionnement de la robotique. Toute mécanisation de procédés mécaniques, électriques et de régulation ne peut se faire qu'en fonction des capteurs disponibles. À cet égard, je suis particulièrement intéressé par certaines observations du docteur Roberts et du docteur Petruk qui avaient trait au système d'analyse d'image et au diffractomètre par rayons X, dispositif que je classerai dans la catégorie des capteurs extrêmement utiles pouvant manifestement trouver des utilisations en robotique.

Pour ce qui est du monde de l'exploitation minière et du traitement des minéraux, il apparaît clairement qu'il faudra mettre au point des capteurs qui pourront travailler dans un milieu particulièrement nocif, sale et poussiérieux, que ce soit sous terre ou en surface. Il reste encore beaucoup de chemin à parcourir, comme M. Deudekom l'indiquait, pour que la technologie du télémanipulateur de la navette spatiale puisse être appliquée à ce milieu qui exige des appareils extrêmement robustes.

La question que je désire poser aux panélistes est la suivante. Quelles sont, précisément plutôt que généralement, les plus récents développements survenus ou en cours dans le domaine des capteurs et, si peu de travaux ont trait à la conception de capteurs robustes, que doit-on ou que faudrait-il faire pour répondre aux besoins de l'exploitation minière?

André Potworwoski
Les représentants de la société CONSPEC pourraient-ils répondre à cette question? Je crois que vos travaux sont particulièrement pertinents. Pourriez-vous s'il vous plaît vous approcher du microphone et vous présenter.

L. McCullough, CONSPEC
Notre principale contribution, je pense, dans ce domaine est ce que nous appelons l'exploitation minière intégrée par ordinateur, qui consiste à tenter d'intégrer en un seul système global toutes les activités de l'exploitation minière, particulièrement celles

qui se déroulent sous terre. La question posée a trait aux capteurs, et il faut bien reconnaître que ceux-ci sont toujours d'une extrême importance dans tout système. Notre société ne fabrique pas de capteurs, mais nous sommes constamment à la recherche de capteurs qui peuvent s'adapter à nos systèmes. Le US Bureau of Mines et le CANMET ont tous deux participé dans une bonne mesure à bon nombre de programmes de ce type au cours des dernières années, ainsi que de nombreux fabricants, et des progrès vraisemblablement importants ont été faits dans le domaine, mais c'est surtout la détection environnementale qui a fait l'objet de travaux plutôt que la production même de nouveaux capteurs. Manifestement, la participation des gouvernements dans ces domaines se justifie parce qu'elle découle de leur mandat et aussi, bien sûr, parce que c'est de là que proviennent les revenus.

Quant à l'industrie minière, son rôle est de faire des profits, rôle qui se rattache à la nature productive de ses activités. Il faut bien avouer que les divers organismes gouvernementaux ont déployé peu d'efforts pour diriger la recherche dans ce domaine mais la situation est en train d'évoluer et je pense que ces organismes procèdent aujourd'hui à la réévaluation de leur mandat. Cela est certainement vrai du US Bureau of Mines avec qui nous entretenons des liens très étroits, ainsi que du CANMET. Je pense donc que l'avenir est prometteur. Je ne crois pas que ce soit ici le lieu de dévoiler des projets précis et qu'il suffit d'indiquer que c'est là la voie dans laquelle nous nous dirigeons. Vous m'excuserez, mais c'est maintenant l'heure pour moi de partir.

André Potworowski
Merci beaucoup. Messieurs Louis Sirois et Daniel Laguitton sont-ils toujours présents dans la salle? Pourriez-vous nous exposer comment vous percevez le rôle des capteurs dans votre domaine, qui est celui de la simulation de l'ensemble des procédés de broyage.

Daniel Laguitton, Laboratoires des sciences minérales
Eh bien, je n'en suis pas encore là. Je pense qu'avant de mettre au point les capteurs il faut analyser le procédé et décider de

quel type de capteur on a besoin. Cela signifie qu'il faut étudier les techniques et les principes du procédé et tous mes efforts sont en conséquence consacrés pour l'instant à l'analyse du traitement des minéraux, de sorte qu'il soit possible d'élaborer des stratégies de régulation, c'est-à-dire établir quelle est la meilleure grandeur à mesurer, et à quel emplacement, et cela prend déjà beaucoup de mon temps. La prochaine étape, qui pourrait avoir lieu en parallèle mais qui logiquement doit venir après la première, serait de mettre au point le matériel et les capteurs, puis, en un troisième volet, il faudrait intégrer ce capteur soit à un robot soit à un système de régulation automatique qui permettrait d'optimaliser le procédé.

Voilà donc comment je perçois la situation en cette aube de la robotique et j'ai l'intention de poursuivre sur cette lancée, parce que j'estime que c'est ce qu'il faut faire. Nous n'allons certainement pas accomplir de grands progrès dans l'optimalisation des procédés en nous contentant de mettre au point des capteurs si nous ne comprenons pas au préalable les grandeurs fondamentales qui sont en jeu dans ces procédés, car ce n'est qu'une fois ces grandeurs bien comprises qu'il est possible de mettre au point les meilleurs capteurs de mesure.

Don Saville, Inco
Mon expérience directe des applications me permet, je pense, d'ajouter à ce point de vue et à d'autres points de vue soulevés aujourd'hui, par exemple par M. Deudekom qui faisait allusion au contrôle suivi des machines permettant de garder celles-ci en bon état de marche.

Il existe un intégrateur de bruit, qu'on peut acheter pour mille deux cents dollars américains, de fonctionnement très simple. Il suffit en effet de lui faire entendre une machine. Le dispositif intègre la fréquence ainsi que l'amplitude du bruit et stocke dans sa mémoire le diagramme de celui-ci. Si, la machine étant en marche, ce diagramme varie soit en amplitude soit en fréquence, il est possible de programmer l'intégrateur pour qu'il réagisse aux changements. Comme je le disais, il s'agit d'une méthode très simple: c'est la méthode à laquelle

nous avons normalement recours lorsque nous conduisons nos automobiles, et qui permet de contrôler la performance d'une machine par analyse de son bruit. Le dispositif intégrateur n'a pas besoin d'être mis au point puisqu'il existe depuis quelques années. Pourtant, nous ne nous en servons pas réellement dans les domaines dont il a été question.

Pour ce qui est des capteurs, Monsieur le président, je dirai que la carence de capteurs en métallurgie est très certainement un facteur qui gêne énormément l'automatisation de cette industrie. Je ne peux malheureusement que constater, du moins c'est très certainement la situation au Canada et pour autant que je sache dans le reste du monde également, que la pyrométallurgie ressortit encore de nos jours pour moitié à la sorcellerie. Un quelconque expert s'intéresse pour une raison ou une autre à un métal donné, lui fait subir un essai qui peut ou ne pas déjà exister puis décide à posteriori que cet essai a donné de bons résultats, ou de mauvais résultats.

Ainsi, il n'existe aucune méthode scientifique de détermination du point final d'un convertisseur, et encore moins par suite de mesure de ce point final à l'aide d'un appareil quelconque. On m'a dit que cela pouvait se faire d'un certain nombre de façons. Aucune ne m'est apparue sensée, certaines étaient contraires dans leur principe, mais toutes semblaient donner de bons résultats. De même, nous savons très peu de choses sur notre procédé de grillage. Nous ignorons ce qui se passe vraiment, tout ce que nous pouvons constater est que cela fonctionne. Si nous voulons être en mesure de retirer les personnes de ces lieux de travail et d'éliminer ces tâches dans l'industrie, il nous faut d'abord trouver les moyens de mesurer les phénomènes en jeu. Quelqu'un a dit tantôt, je pense qu'il s'agissait de M. Valeri ou de M. Jutronich, qu'il nous fallait d'abord déterminer la grandeur à mesurer avant d'être en mesure de définir l'appareil permettant de la mesurer.

Roy Hoffman, C.A.E. Electronics
Je désire d'abord remercier les organisateurs du séminaire. Je l'ai trouvé extrêmement intéressant et utile. La C.A.E. Electronics est une société de haute technologie qui étudie

actuellement des possibilités d'appliquer la haute technologie dans certaines industries classiques, et à ce titre nous sommes extrêmement intéressés par ce qui se fait dans ce domaine. J'ai apprécié aujourd'hui que chacun se mette à l'écoute des besoins de l'autre, parce que je crois que cela est extrêmement important, c'est-à-dire que nous écoutions bien attentivement l'autre et que nous nous retenions en même temps de faire des observations trop générales (quelqu'un a dit par exemple que l'exploitation minière en était encore à l'âge de pierre), car je crois que les observations de ce genre ne sont pas très utiles. Je disais donc avoir aimé le climat dans lequel chacun a écouté l'autre et partagé avec lui ses idées, car c'est la seule façon que nous pourrons en arriver à comprendre les besoins des autres et à savoir où ils en sont.

À propos de la robotique maintenant, j'ai été amené au cours d'un récent voyage au Japon à la comparer à l'informatique. Essentiellement, l'ordinateur peut traiter de l'information et nous savons à quel point son apparition a modifié la société. Mais l'ordinateur est limité au traitement de l'information et n'est pas en mesure d'exécuter des actions.

En adjoignant maintenant un robot à l'ordinateur, en lui donnant en quelque sorte la possibilité de manipuler des objets, on obtient non seulement un système de traitement de l'information mais aussi un système en mesure d'exécuter des actions. Je crois que vu dans cette perspective, il est plus facile de comprendre ce qui en est, du moins ce le fut pour moi.

Pour terminer, j'aimerais poser une question au docteur Pathak qui, à la fin de son exposé, a fait allusion à la nécessité de mettre au point un système indicateur de l'état d'une mine, ainsi qu'à M. Valeri de la société Unimation qui a indiqué que la véritable tendance en matière d'automatisation des usines est actuellement à l'intégration de l'informatique et de la fabrication, et aux intervenants qui viennent tout juste de nous quitter et qui nous ont souligné que c'était là le domaine d'intérêt de leur société.

En fait, j'aimerais savoir ce que les gens pensent de la nécessité de contrôler en temps réel tout ce qui se passe dans une exploitation minière et sur la nécessité d'analyser et d'afficher en temps réel les données collectées.

Jay Pathak, Laboratoires de recherche minière, CANMET
Je pense avoir déjà expliqué ce qu'était le MSI. Ce que je pense de faire et ce que je dis aux gens de faire est de progresser lentement et de résoudre les problèmes qu'il est possible de résoudre maintenant. Et, à mon avis, les domaines où il est possible d'intervenir sont celui du contrôle et de la régulation. Le contrôle est relativement plus facile que la régulation, car il est difficile de traduire mathématiquement, par exemple, les oscillations induites par des changements survenant dans des circuits de ventilation. Le système MSI (indicateur de l'état de la mine) auquel je songe serait à la fois un système d'enregistrement de l'information ainsi qu'un système de mise en marche et d'arrêt automatique des appareils, ce que nous pouvons vraisemblablement réaliser dès demain. Mais il n'existe pas encore pour l'instant. C'est pourquoi j'ai indiqué la voie dans laquelle nous devrions nous engager.

Mais un jour ce système fera son apparition, peut-être pas aujourd'hui, peut-être pas demain, mais un jour et si nous ne le mettons pas au point, quelqu'un d'autre le fera, peut-être les Japonais. C'est pourquoi le sens de mon message est de commencer à faire des progrès dès maintenant et de mettre en oeuvre dès maintenant tout ce qu'il est possible de mettre en oeuvre. Le contrôle et la régulation sont plutôt difficiles, aussi attaquons-nous au MSI et au système de contrôle, ensuite nous passerons à la régulation, puis enfin à un système global d'information et de régulation.

Louis Cabri, CANMET
Je désire tout simplement renchérir sur ce que vient de dire M. Don Saville. Il existe de nombreux procédés dans l'industrie des mines et de la métallurgie dont nous ne comprenons pas encore les principes fondamentaux. C'est pourquoi il est difficile d'automatiser ces procédés et de trouver dans ces domaines des utilisations à la robotique, et j'estime qu'il nous faut être

bien conscient de cela. Certains aspects du traitement des minéraux n'ont pas été l'objet d'autant de travaux de recherche fondamentale que d'autres sciences exactes, et c'est ce qu'a souligné dans son intervention M. Don Saville.

David Gladwin, Bureau des programmes de recherche, CANMET
Fondamentalement, de nombreuses opérations de base de l'exploitation minière peuvent être contrôlées dès aujourd'hui, ce qui pourrait grandement contribuer à la mise en oeuvre d'un système global, et de fait ces opérations pourraient même être pilotées par un système de régulation.

Une fois le contrôle réalisable, j'estime essentiel que nous tentions de rattacher le circuit de contrôle automatique à un quelconque système de régulation.

Par exemple, il est possible aujourd'hui de contrôler la consommation de courant électrique en divers points de mine, les débits d'air comprimé, le fonctionnement des pompes, etc. Tout aussi facilement qu'il nous est possible de contrôler ces facteurs, nous devrions être en mesure de les réguler, et il existe déjà des systèmes jouant ce rôle, que nous pourrions appeler systèmes robotiques rudimentaires. Il existe par ailleurs aussi des systèmes qui contrôlent, qui interagissent, qui comparent les conditions de service à des paramètres établis, et qui font de la régulation. Je crois que ces derniers systèmes sont beaucoup mieux acceptés dans le milieu de l'exploitation que les systèmes de simple contrôle. Le problème qui demeure, à mon avis, c'est que les capteurs ne sont pas encore suffisamment perfectionnés pour être vraiment utiles, pour permettre de réaliser la régulation totale d'une installation. On a fait allusion à ce problème un certain nombre de fois ce matin. Néanmoins, une rétrospective sur quelques années, au cours desquelles nous avons assisté à l'invasion de l'informatique, nous permet de constater l'ampleur des progrès accomplis sur une très courte période, au cours des cinquante dernières années par exemple. En conséquence, je ne serais guère surpris que très bientôt nous disposions des capteurs voulus et que nous connaissions les phénomènes à la base des diverses fluctuations de nos procédés. Le seul facteur qui pourrait alors empêcher de nouveaux progrès serait d'ordre économique.

H. Van Deudekom, Vadeko International
J'aimerais répondre au docteur Cabri qui est intervenu tantôt. Je pense que ce vous disiez, en un sens, c'est que les procédés métallurgiques ne sont pas suffisamment caractérisés pour le moment pour nous permettre même de préciser le type de capteurs dont nous avons besoin pour les contrôler et pour les réguler, ce qui est aussi une indication des domaines prioritaires dans lesquels nous devrions raisonnablement engager des dépenses de recherche.

Je suis d'accord avec vous mais j'estime aussi d'autre part que le contrôle est en quelque sorte un processus évolutif. On peut commencer par se servir d'un système de contrôle pour déterminer quel est l'état du système d'exploitation. On peut s'en servir, par exemple, pour établir des diagnostics en différé. On peut aussi s'en servir pour collecter des données et analyser subséquemment celles-ci pour déterminer quel est l'état de la machinerie. Cette connaissance peut nous indiquer quand la machinerie risque de se briser et en conséquence quand en faire l'entretien. Mais à mesure qu'on approfondit ainsi sa connaissance du procédé, ce qui en réalité exige des masses et des masses de renseignements, je pense qu'on en arrive à un moment donné au point où on peut avoir recours à des techniques en temps réel pour apporter les corrections voulues, c'est-à-dire pour faire de la régulation, de sorte que le système ne sert plus uniquement à collecter des renseignements sur le procédé mais aussi à le réguler, et ce en temps réel.

Vic Jutronich, Denison Mines
Si vous permettez, Monsieur le président, j'aimerais tout simplement compléter l'intervention du docteur Pathak à propos du MSI et les propos que vient de nous livrer M. Deudekom. Un examen du schéma du MSI nous permet de constater que les appareils de contrôle et de régulation dont il se compose ne sont qu'une partie de ceux dont nous avons besoin dans l'industrie minière pour bien exploiter une mine. Une masse de renseignements ne nous parvient qu'après un délai de deux semaines, de trois semaines et même d'un mois; il est alors trop tard pour prendre une quelconque mesure de correction. Ce que propose le docteur Pathak, c'est de mettre en oeuvre un système de contrôle qui

puisse indiquer immédiatement à la fin d'un quart ce qui s'est produit exactement pendant ce quart, de sorte qu'il soit possible de prendre une mesure de correction au moment opportun. D'autre part, ce que nous a dit M. Deudekom, c'est que ces renseignements en temps réel nous permettront de mieux comprendre le fonctionnement et l'état de la machinerie, ce qui pourrait nous amener à concevoir des systèmes de régulation. Dans les deux cas, je crois qu'il s'agit de systèmes qui permettront d'accroître considérablement la productivité.

John Wilson, Ontario Centre for Research Machinery
Je désire d'abord remercier les organisateurs qui m'ont invité à participer à ce séminaire. Je crois qu'il est extrêmement enrichissant et intéressant, d'autant plus que certains intervenants ainsi que certains panélistes ont dit que ce petit séminaire serait suivi par d'autres séminaires. Je ne serai pas très long, ce n'est pas ma façon habituelle de faire!

Ce que je désire dire, c'est que bien des possibilités semblent déjà à notre portée. Nous avons la technologie, il nous est possible par exemple de contrôler le fonctionnement des systèmes travaillant sous terre, de savoir quelle est la hauteur des déblais dans les galeries d'extraction du minerai, de contrôler la ventilation et d'augmenter ou de diminuer le régime des ventilateurs. Bref, nous possédons déjà la technologie, alors qu'attendons-nous pour nous en servir? C'est tout. Je vous remercie.

Don Saville, INCO
Vous me permettrez de dire qu'il est rafraîchissant d'entendre cela. J'ai beaucoup entendu parler d'usines automatisées ce matin et il semble que nous soyons encore bien loin de ce rêve, mais nous ne savons toujours pas quoi faire avec l'information qu'on nous fournit. Il a par exemple été question d'acquisition de données en temps réel. Il y a cinq ans, à notre fonderie, nous avons reçu les représentants de cinq sociétés différentes qui nous ont proposé de tels systèmes d'acquisition. Nous n'avons pas décidé alors de nous doter de tels systèmes, mais ils existaient, et semblaient même fonctionner très bien. Si nous avions eu les fonds nécessaires, nous aurions sans doute sauté

sur l'occasion. Tout cela pour dire que, dans une bonne mesure, la technologie existe déjà, bien qu'il y ait vraisemblablement encore des lacunes, comme dans le domaine de la fusion des métaux, car nous ne savons pas avec certitude, par exemple, ce qui se passe dans le creuset et quand arrêter la fusion.

Neil Roberts, LRMP, CANMET
M. Saville vient tout juste de me donner une idée. Le principal problème qui a été cerné dans une étude et dans un colloque subséquent était tout simplement la mesure en continu de la température dans un bain de métal en fusion. Jusqu'à maintenant, vous savez, on peut plonger de nombreux thermocouples dans le bain de métal, quitte à les remplacer à mesure qu'ils fondent, ou encore se servir de dispositifs pyrométriques qui ne semblent toutefois pas d'une très grande précision. À l'heure actuelle, il n'existe pas selon toute apparence de très bonnes techniques de mesure, qui soient à la fois bon marché et fiables. De nombreux autres problèmes ont été également cernés, mais celui-ci semble avoir été le principal.

Daniel Laguitton, CANMET
Au sujet de la remarque précédente: supposons que nous ayons une usine entièrement automatisée. Si ce n'était de l'extraction du minerai de la mine même, il n'y aurait aucun travailleur humain dans l'usine. La question que je me pose est la suivante: peut-on démontrer que dans cette usine le circuit de broyage est à rendement énergétique optimal? Le procédé est-il optimal, et comment allons-nous faire pour l'optimaliser une fois l'usine transformée en un gigantesque robot qui prend le minerai provenant de la mine et en produit un concentré? Comment allons-nous nous y prendre? L'usine, une fois automatisée, est-elle statique? Qu'en faisons-nous? Peut-être nous faudra-t-il revenir aux principes fondamentaux et tenter de reconcevoir tous les capteurs de cette usine parce que, en acquérant une meilleure connaissance du procédé, nous découvrirons que ce robot a été construit à partir d'une connaissance du traitement des minéraux qui peut être améliorée. Aussi, il ne nous faut pas tomber dans le piège de désirer l'automatisation pour le simple plaisir de la chose, car l'objet de l'exploitation d'une usine est de faire des profits, autrement

dit de concentrer le minerai de la façon la plus efficiente, objet qui nous ramène au début de mon intervention et qui nous oblige à poser les questions ci-dessus, que je ne répéterai pas.

André Potworowski
Je pense que votre appel à l'étude approfondie des principes fondamentaux des procédés peut être entendu avec profit par l'ensemble du CANMET. Voilà tout le temps dont nous disposions. Je désire remercier tous les panélistes ainsi que nos invités.

CONCLUSION

13. DISCOURS DE CLÔTURE

M. W.G. Jeffery, directeur général du CANMET

Mesdames et Messieurs, avant de commenter les délibérations, d'ailleurs fort intéressantes, je tiens tout d'abord à remercier M. Mainwaring d'avoir organisé cette matinée. Il a entrepris par lui-même de tenir cette série d'ateliers au sein de la Division des sciences minérales, ignorant, comme nous l'a expliqué M. Whitham, que l'affaire prendrait une telle envergure.

Loin d'être mécontents, nous étions tout disposés à suivre la direction dans laquelle s'était engagée l'entreprise. Je crois que c'est une réussite. J'aimerais aussi remercier M. Potworowski de l'appui qu'a donné son Bureau de transfert de la technologie au sein du CANMET et, plus particulièrement, les conférenciers du secteur privé, nommément MM. Valeri, Van Deudekom, Jutronich et Saville, sans oublier mes collègues du CANMET.

De plus d'une façon, cette matinée a été pour le CANMET une occasion de se remettre en question. À l'origine, l'idée était de tenir un simple atelier relevant d'une série de colloques destinés à mettre en valeur l'évolution de la robotique et des techniques de manipulation à distance, de sorte que nos scientifiques soient davantage sensibilisés à leurs applications dans leur domaine de recherche. Dans la présentation que nous a faite M. Gladwin, on a tenté de vous esquisser certains des changements que devront subir les grandes tendances et les orientations dans le domaine et la façon dont nous avons décidé d'affecter nos ressources, matérielles et financières, pour favoriser ces changements. Après tout, un tel coup de barre relève de la mission confiée au CANMET.

De nombreux points fort intéressants ont émergé aujourd'hui. Une partie de la philosophie concernant l'application de cette science a retenu mon attention. Nous étions déjà tous convaincus, je crois, que la mine souterraine est un milieu nettement hostile au robot. Les automates

pourraient bien convenir à l'usine, où certaines tâches répétitives sont programmables, peut-être même à la fonderie, voire pour une partie du travail de métallurgie physique qui s'effectue dans l'industrie. Mais dans la mine, voilà notre robot en terre inconnue. Quoiqu'il en soit, j'estime néanmoins que l'industrie minière canadienne a tout à gagner à scruter ces horizons. En d'autres mots, elle ne doit pas lever le nez parce que l'expérience est vécue dans un autre secteur. Le progrès ne tient pas compte de ces frontières. Faute de s'y intéresser, elle pourrait perdre son rang mondial dans une industrie qui se doit de demeurer à la fine pointe de la recherche, que nous cherchons tant à encourager dans ce pays.

J'ai été particulièrement frappé par la remarque de M. Valeri, d'Unimation, qui nous exhortait à ne pas nous arrêter au robot, de penser plutôt automatisation et productivité, de chercher à les réaliser et de voir de quelles machines nous pourrions nous servir pour y arriver.

Par contre, nous devons, me semble-t-il, nous tenir au courant du matériel que produit l'industrie de la robotique et celle des commandes à distance puisque, si le CANMET est vraiment voué à la R et D et si ses chercheurs et scientifiques s'acquittent honnêtement de leurs tâches, il se pourrait que l'on découvre un jour - on l'a mentionné ce matin - une pièce qui pourrait nous être utile. Peut-être devrions-nous alors faire marche arrière et remettre en question les paramètres d'exploitation, les procédés, la technologie même, de façon à pouvoir utiliser cette pièce mise en veilleuse, ou presque. En tant qu'organisme de R et D, nous devons garder l'esprit ouvert aux idées nouvelles: voilà en réalité ce que nos scientifiques devraient retenir de ce séminaire.

Le CANMET compte, étant donné sa vocation et le peu de ressources dont il dispose dans ce domaine, sur la participation et les conseils du secteur privé. Nous sommes au service de l'industrie minière, métallurgique, minéralurgique et, de fait, énergétique. Il se pourrait que nous tenions d'autres séminaires de cette nature, plus techniques peut-être, sur certains des travaux que nous menons. Nous misons sur les contrats qui nous

sont proposés - de toute évidence, nous ne pouvons tous les accepter - mais la participation du CANMET et de l'industrie fera progresser la technologie dans le domaine qui nous intéresse.

La robotique et la télécommande répondent donc à tous les objectifs du CANMET, du point de vue tant de la santé et de la sécurité que de la productivité. Parfois, je me demande si le CANMET n'est pas un peu comme le robot du diaporama de ce matin qui tente d'atteindre sa cible, malgré tous les obstacles qui bloquent sa progression. Pour promouvoir cette technologie, qui relève après tout de la R et D, il nous faut recevoir certains signaux des sociétés intéressées et du secteur privé qui y travaille.

Voilà, c'est tout ce que j'avais à dire. Je termine en vous remerciant encore de votre présence et de votre collaboration. Soyez assurés qu'elles sont appréciées.

Quelques études parrainées récemment par le CANMET au sujet de la robotique et du matériel minier

THE IDENTIFICATION OF POTENTIAL APPLICATIONS FOR ROBOTICS AND REMOTE CONTROL SYSTEMS IN CANADIAN MINING
Volume 1, 1982
De M. Robertson, Nickerson Consulting Engineers, Ottawa

Aperçu des connaissances des entreprises minières canadiennes au sujet de la robotique et de la télécommande utilisées dans la mine et de l'intérêt qu'elles y portent. Comprend des recommandations concernant divers choix de travaux que pourrait effectuer le CANMET au sujet du développement de la robotique dans les mines:

N° de commande de Micromedia: 83-0889
Prix Imprimé: 20,90 $
Microfiches: 8 $

IDENTIFICATION OF REQUIREMENTS FOR DEVELOPMENTS THAT ARE INFLUENCED BY THE NATURE AND SIZE OF EQUIPMENT DEVELOPMENT
Rapport définitif (Phase I), 1982
par la Montreal Engineering Company Limited, Calgary

Énumère des réalisations novatrices survenues dans le monde au sujet du matériel minier utilisé pour l'abattage souterrain, en roche dure; fait l'historique de chaque fait nouveau; évalue les applications éventuelles de chaque réalisation à l'abattage souterrain en roche dure, plus précisément aux gisements canadiens peu ou très inclinés; évalue chaque système en fonction de facteurs névralgiques de génie et d'économie, ses effets sur l'agencement des mines et, plus particulièrement, sur la sécurité, l'environnement et la mécanique des sols.

N° de commande Micromedia: 83-2109
Prix Imprimé: 69,36 $
Microfiches: 40 $

On peut commander les deux rapports de:

Micromedia Limited
144 Front Street
Toronto (Ontario)
M5J 2L7
Téléphone: (416) 593-5211

D'autres études sont en cours dans le domaine. La publication des rapports sera annoncée dès que possible.

APPENDICE
LISTE DES PARTICIPANTS

William Adams
Wethewicak, Nouvelle-Galles
du Sud
Australie

N. Billette
Levés et Cartographie
EMR
615, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OE9

G. Alexander
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R. Blake
CANMET/DIT
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

G. Bartlett
CANMET/BTT
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Jack F. Bliedung
Scott Industrial Ltd.
2700, rue Paulus
Montréal (Québec)
H4S 1G1

T. Beaton
I&C/MEER
235, rue Queen
Ottawa (Ontario)
K1A OH5

J. Bossert
CANMET/LRM
Immeuble #9,
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

S. Bellier
QRL Labs Ltd.
19, Grenfell Crescent
Nepean (Ontario)
K2G OG3

A. Boyer
CANMET/LRM
Immeuble #10,
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Gregory Brefer
CANMET/LRMP
562, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Louis Cabri
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R.J. Brigham
Secteur de la R et T
EMR
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OE4

P. Campbell
Noranda Research Co.
240, boul. Hymus
Pointe Claire (Québec)
H9R 1G5

R. Brullotte
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

D. Carson
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

C. Brooks
Wethewicak, Nouvelle-Galles
du Sud
Australie

T.R. Churchill
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R.M. Buchanan
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

J. Cloutier
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Ross Contant
Williams & Wilson
2675, Blackwell, nº 10
Ottawa (Ontario)
K1B 4E4

B. Cook
BRDE-EMR
580, rue Booth, 5e étage
Ottawa (Ontario)
K1A OE4

J.B. Corden
Eldorado EMR
255, rue Albert
Ottawa (Ontario)
K1P 6A9

John Couver
Spar Aerospace
1700 Ormont Drive
Toronto (Ontario)
M9L 2W7

A. Crawley
CANMET
568, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

E. Dainty
CANMET/LRM
Immeuble nº 9
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

G. Davidson
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Brian Deacon
Direction de la machinerie
I&C/MEER
235, rue Queen
Ottawa (Ontario)
K1A OH5

M. Drolet
SPM/EMR
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OE4

M. Ducross
Williams & Wilson
544, rue de l'Inspecteur
Montréal (Québec)
H3C 2K9

J.G. Eden
Eldorado Resources
400-255, rue Albert
Ottawa (Ontario)
K1P 6A9

M. Gangal
CANMET/LRM
Immeuble n° 9
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

A.G. Feasby
CANMET/PNRRU
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

A. George
CANMET/BPR
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Barry Federchuk
Kidd Creek Mines
C.P. 2002
Timmins (Ontario)
P4N 7K1

A.J. Gilmore
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

S. Földes
CAE Electronics
CP 1800, Saint-Laurent
Montréal (Québec)
H4L 4X4

W. Gow
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R.A. Fortin
CANMET
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

M. Innis Grantmyre
Vadeko International
6535 Millcreek Dr.
Unit 62
Mississauga (Ontario)
L5N 2M2

R. Guillas
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R. Hoffman
CAE Electronics
C.P. 1800
Ville Saint-Laurent (Québec)
H4L 4X4

C.A. Hamer
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

A. Hogue
Traduction, EMR
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OE4

Don Hains
Robertson, Nickerson Ltd.
75, rue Albert
Ottawa (Ontario)
K1P 5E7

T. Hopkins
Northern Automation Inc.
105 Durham Street
Sudbury (Ontario)
P3E 3M9

J. Harbec
CANMET/LSM
568, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R. Hughes
CAE Electronics
C.P. 1800
Ville Saint-Laurent (Québec)
H4L 4X4

E. Herget
CANMET/LRM
Immeuble n^{o} 10
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Ted Hunden
Eldorado Resources
400-255, rue Albert
Ottawa (Ontario)
K1P 6A9

M. A. Hunter
Conseil national de recherches
Chemin Montréal, M-55
Ottawa (Ontario)
K1A OS3

W. Keith
I&C/MEER
236, rue Queen
Ottawa (Ontario)
K1A OH5

E.G. Joe
CANMET/LSM
552, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Fred Kelly
CANMET/BTT
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

G. Jordan
CANMET/DIT
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

V. Krzyzewski
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

J.T. Jubb
Directeur général adjoint
CANMET
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

D. Laguitton
CANMET/LSM
552, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

V.V. Jutronich
Denison Mines Ltd.
C.P. 40
Royal Bank Plaza
Toronto (Ontario)
K1A 2K2

P. Lambert
EMR/CANMET
405, rue Rochester
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

G. Larocque
CANMET/LRM
Immeuble n° 10
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

J. MacDougall
Northern Automation Inc.
105 Durham Street
Sudbury (Ontario)
P3E 3M9

Y.A. Lavallée
MEER/IC
235, rue Queen
Ottawa (Ontario)
K1A OH5

D.K Mak
CANMET/LRMP
568, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

D. Liang
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

A. Marshall
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

B. Lucas
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

G. Martel
Traduction, EMR
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OE4

S. Ahmed
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

L. McCullough
CONSPEC Ltd.
44 Martin Ross Avenue
Downsview (Ontario)
M3J 2K8

D. McCorquodale
CNR-PARI
Chemin Montréal, M-55
Ottawa (Ontario)
K2A OS3

Ted Munden
Eldorado Resources
400-255, rue Albert
Ottawa (Ontario)
K1P 6A9

N. McLaren
I&C/MEER
236, rue Queen
Ottawa (Ontario)
K1A OH5

B. Nebesar
CANMET/LSM
405, rue Rochester
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

S.A. Mikhail
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

A.J. Oliver
Eldorado Resources
400-255, rue Albert
Ottawa (Ontario)
K1P 6A9

P. Mogan
CANMET/LRM
Immeuble n° 9
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

D. Pal
Teledyne Mining Products
C.P. 130
Thornbury (Ontario)
NOH 2PO

R. Molnar
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

T.J. Patel
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

G. Pelletier
SPM/EMR
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OE4

D.A. Reeve
Directeur, Bureau du programme de recherche
CANMET/BPR
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

W. Petruk
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

V. Reynolds
CANMET/LSM
552, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Bob Pinard
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

George Robertson
Robertson, Nickerson Ltd.
75, rue Albert
Ottawa (Ontario)
K1P 5E7

J. Palmer
CANMET/BTT
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

W.N. Roberts
CANMET/LMP
568, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

M.S. Ralph
CANMET/LRM
Immeuble n° 9
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

V.H.E. Rolko
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

G.E. Ruddle
CANMET/LRMP
568, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

E. Smith
Secteur de la recherche et de la technologie, EMR
580, rue Booth, Pièce 2055
Ottawa (Ontario)
K1A OE4

N. Sarin
CANMET/LRM
Immeuble n° 9
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

A.I. Stemerowicz
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

J. Scrimgeour
CNRC, Pièce 5316
Chemin Montréal, M-58
Ottawa (Ontario)
K1A OR6

B. Taylor
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

M. Silver
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

B. Taywe
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

L. Sirois
CANMET/LSM
552, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R.J. Tremblay
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Mary Valeri
Westinghouse/Unimation Inc.
P.O. Box 160
Pittsburgh, Pennsylvania
15230

V.P. (Vince) Valeri
Westinghouse/Unimation Inc.
P.O. Box 160
Pittsburgh, Pennsylvania
15230

H. Van Deudekom
Vadeko International, Inc.
6535 Millcreek Dr.
Unit 62
Mississauga (Ontario)
L5N 2M2

K. Wait
Ore Sorters Ltd.
839 Erskine Avenue
Peterborough (Ontario)
K9J 5V1

H. Webster
CANMET/LSM
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

R. Welwood
CANMET/LRM
Immeuble n° 10
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

J.C. Wilson
Ontario Centre for Research
Machinery Technology
127 Cedar Street
Sudbury (Ontario)
P3E 1B1

B. Wong
CANMET/BTT
555, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A OG1

Y.S. Yu
CANMET/LRM
Immeuble n° 10
Bells Corners
Ottawa (Ontario)
K1A OG1